

Medicinske vježbe u rehabilitacijskoj i sportskoj medicini

Sučec, Lana

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, School of Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:105:816787>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-22**



Repository / Repozitorij:

[Dr Med - University of Zagreb School of Medicine Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
MEDICINSKI FAKULTET**

Lana Sućec

Medicinske vježbe u rehabilitacijskoj i sportskoj medicini

DIPLOMSKI RAD



Zagreb, 2023.

„Ovaj diplomski rad izrađen je u Kliničkom bolničkom centru Zagreb, Klinika za reumatske bolesti i rehabilitaciju pod vodstvom prof. dr. sc. Nadice Laktašić Žerjavić i predan je na ocjenu u akademskoj godini 2022./2023.“

POPIS KRATICA

ACL - prednji križni ligament

AeP - aerobni prag

AnP - anaerobni prag

A-test - Astrandov test

ATP - adenzin-trifosfat

ATP- KP - adenzin trifosfat – kreatin-fošfat

BJSM - British Journal of Sports Medicine

cm - centimeter

CP - kreatin-kinaza

CT - complex training

dr. - drugi

E - ekonomičnost

EB-test - Ekblom-Bak test

HIFT - high-intensity functional training

HRmax- maximum heart rate (maksimalna srčana frekvencija)

HR-PNF - *hold-relax* proprioceptivna neuromuskularna fascilitacija

JSCR - Journal of Strength and Conditioning Research

kg - kilogram

km - kilometer

km/h - kilometer na sat

KP - kreatin-fosfat

kpm/min - kilopond metar po minuti

m - metar

m. - musculus (mišić)

m/s - metar po sekundi

MAXLASS - maximal lactate steady state

MET - metabolički ekvivalent

ml/kg/min - mililitar po kilogramu po minuti

MLSS - maksimalno laktatno stabilno stanje

mmol/L - milimol po litri

MMT - manualni mišićni test

N - njutn

N/kg - njutn po kilogramu (relativna jakost)

npr. - na primjer

OBLA - onset of blood lactate accumulation

PAR-Q - Physical Activities Readiness Questionnaire

PHV - peak height velocity

PNF - proprioceptivna neuromuskularna fascilitacija

QOL - Quality Of Life

RM - *repetition maximum*

ROM - *range of motion*

RT - *high-load resistance training*

sl. - slika

sur. - suradnici

tzv. - takozvani

v. pogl. - vidjeti poglavlje

VIIT - intervalni trening visokog intenziteta (HIIT- *high-intensity interval training*)

VO₂ - volumen primitka kisika

VO₂ max - maksimalni volumen primitka kisika

W - snaga

WanT - Wingate anaerobni test

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. MEDICINSKE VJEŽBE.....	3
2.1. Podjela medicinskih vježbi	3
2.2. Mjerenje mišićne snage	4
2.3. Procjena spremnosti na tjelesnu aktivnosti.....	7
2.4. Medicinske vježbe prema načinu izvođenja	8
2.4.1. Pasivne vježbe	9
2.4.2. Aktivne vježbe	11
2.5. Medicinske vježbe prema vrsti mišićne kontrakcije	13
2.5.1. Statičke vježbe	13
2.5.2. Dinamičke vježbe	15
2.6. Medicinske vježbe prema cilju.....	20
2.6.1. Vježbe opsega pokreta.....	21
2.6.2. Vježbe istezanja	22
2.6.3. Vježbe snaženja	31
2.6.4. Vježbe izdržljivosti	32
2.6.5. Vježbe koordinacije i ravnoteže	36
2.6.6. Korektivne vježbe	42
2.6.7. Rekreativne vježbe.....	44
3. SPORTSKA MEDICINA	48
3.1. Testiranje funkcionalnih sposobnosti sportaša	50
3.1.1. Funkcionalni testovi	51
3.2. Energijski kapacitet	52
3.3. Aerobni kapacitet	53
3.4. Anaerobni kapacitet	55
3.5. Jakost	57
3.6. Laktatna dijagnostika	58
3.6.1. Anaerobni prag.....	61
3.6.2. Laktatna krivulja.....	62
3.7. Fiziološke adaptacije na sportski trening	63
3.8. Vrste treninga u sportskoj medicini.....	65
3.8.1. Funkcionalni trening	66
3.8.2. Pliometrijski trening	66
3.8.3. Kompleksni trening	68
3.8.4. Kružni trening	69

3.8.5. Intervalni trening visokog intenziteta	70
3.9. Uspješnost u sportu	71
3.10. Tjelesna aktivnost i starenje	72
4. ZAKLJUČAK.....	74
5. ZAHVALA.....	75
6. LITERATURA	76
7. ŽIVOTOPIS	84

SAŽETAK

Medicinske vježbe u rehabilitacijskoj i sportskoj medicini

Lana Sućec

Primjena pokreta dijela ili cijelog tijela provodi se na znanstvenoj osnovi s ciljem da se obnovi ili zadrži fiziološka funkcija oboljelog ili ozlijeđenog dijela tijela. Liječenje pokretom, odnosno kineziterapija koja se provodi uz medicinske vježbe predstavlja neizostavni dio svakog programa liječenja fizikalnom terapijom kao i svake rehabilitacije. Različite medicinske vježbe prema cilju vježbanja: vježbe opsega pokreta, vježbe istezanja, vježbe snaženja, vježbe izdržljivosti, vježbe koordinacije i ravnoteže, korektivne vježbe, rekreacijske vježbe pridonose pozitivnim učincima na lokomotorni sustav poput obnavljanja funkcije zgloba, obnavljanja i povećanja snage, brzine, izdržljivosti, fleksibilnosti mišića, koordinacije pokreta. Osim na lokomotornom sustavu pozitivni učinci vježbi ostvaruju se i u ostalim organskim sustavima. Prije provođenja određene vrste medicinskih vježbi potrebno je odrediti mišićnu snagu te temeljem upitnika procijeniti spremnost osobe na fizičku aktivnost. Suvremena disciplina odnosi se na prevenciju bolesti i ozljeda pojedinaca koji vježbaju, liječenje ozljeda mekih tkiva zadobivenih vježbanjem, propisivanje vježbi za poboljšanje tjelesne kondicije te liječenje bolesti. Slijedom navedenog u sprječavanju nastanka ozljeda osim procjene individualne spremnosti potrebno je odrediti vrstu i intenzitet treninga testovima u okviru funkcionalne dijagnostike.

Ključne riječi: medicinske vježbe, rehabilitacija, lokomotorni sustav, sportska medicina

SUMMARY

Medical Exercises in Rehabilitation and Sports Medicine

Lana Sućec

The application of a movement of a part or the whole body is carried out on a scientific basis with the aim of restoring or maintaining the physiological function of a diseased or injured part of the body. Movement treatment, or kinesitherapy, carried out along with medical exercises, is an indispensable part of every physical therapy treatment program and every rehabilitation. Different medical exercises according to the exercise goal: range of motion exercises, stretching exercises, strength exercises, endurance exercises, coordination and balance exercises, corrective exercises, and recreational exercises contribute to positive effects on the locomotor system, such as restoring joint function, restoring and increasing strength, speed, endurance, muscle flexibility, movement coordination. In addition to the locomotor system, the positive effects of exercises are also achieved in other organ systems. Before carrying out a certain type of medical exercise, it is necessary to determine muscle strength and assess the person's readiness for physical activity based on a questionnaire. The modern discipline of sports medicine refers to preventing diseases and injuries of individuals who exercise, the treatment of soft tissue injuries acquired through exercise, prescribing exercises to improve physical condition and the treatment of diseases.

Following the above, in order to prevent injuries, in addition to assessing individual readiness, it is necessary to determine the type and intensity of training with tests within the framework of functional diagnostics.

Keywords: medical exercises, rehabilitation, locomotor system, sports medicine

1. UVOD

Fizikalna i rehabilitacijska medicina klinička je grana medicine koja se bavi dijagnostikom, prevencijom, liječenjem i rehabilitacijom oštećenja i onesposobljenosti u mišićno-koštanim i neurološkim bolestima kod kojih dolazi do oštećenja motornih, neuroloških i ostalih funkcija organizma. Primjenom kineziterapije, odnosno liječenja pokretom kao najvrjednijom metodom fizikalne terapije i neizostavnim dijelom svake rehabilitacije ostvaruje se optimalna moguća obnova oštećenih funkcija te osposobljavanje pri aktivnostima svakodnevnog života. Sinonimi za medicinske vježbe su: kineziterapija, liječenje pokretom, medicinska gimnastika i terapijske vježbe. Liječenje pokretom koje se odnosi na primjenu pokreta dijela ili cijelog tijela u početku se nazivalo medicinskom gimnastikom. Razvoj medicinske gimnastike u fizikalnoj terapiji imao je mnogo različitih utjecaja, uključujući dr. Francisa Fullera, autora „Medicina Gymnastica“ (1740.), švedskog gimnastičara Pera Henrika Linga (1776.–1839.) koji se smatra utemeljiteljem kineziterapije na znanstvenim osnovama i nizozemskog liječnika, dr. Johanna Georga Mezgera (1838.– 1909) koji je doprinio holističkom pristupu u fizikalnoj medicini. F.R. Kendall (1910. – 2006.) osnivačica „Američkog udruženja fizikalne terapije“ sažela je središnju ulogu terapijskih vježbi u fizikalnoj medicini slijedećim riječima: „prevencija disfunkcije pokreta i rehabilitacija kroz obnovu i održavanje aktivnog pokreta“. (1)

Medicinske vježbe, osim u rehabilitacijskoj medicini primjenjuju se i u sportskoj medicini. Sportska medicina široka je disciplina koja se bavi prevencijom bolesti i ozljeda, liječenjem ozljeda mekih tkiva uzrokovanih vježbanjem i ostalih bolesti pojedinaca koji vježbaju. Opsežnost praktične primjene medicinskih vježbi u sportskoj medicini seže od liječenja bolesti i ozljeda lokomotornog sustava do poboljšanja tjelesne spremnosti i sportske izvedbe.

Primjenjivost medicinskih vježbi u okviru rehabilitacijske i sportske medicine omogućuje pojedincu ostvarivanje željenog cilja ili ciljeva kao što su: uspostavljanje, održavanje ili povećanje opsega pokreta; povećanje ili održavanje mišićne snage, izdržljivosti i brzine pokreta; poboljšanje ravnoteže i koordinacije pokreta; poboljšanje položaja tijela ili korekcija deformiteta; poboljšanje funkcije drugih organskih sustava osim lokomotornog; kondicioniranje organizma (2). Propisivanje medicinskih vježbi često je složen proces i zahtijeva stalno praćenje i kliničko obrazloženje. Liječnici fizikalne medicine i rehabilitacije te sportske medicine trebaju odabrati terapijske vježbe koje će zadovoljiti potrebe pojedinca i prilagoditi ih ovisno o spremnosti pojedinca na tjelesnu aktivnost, stoga je bitno postavljanje individualiziranih ciljeva i pravovremeno praćenje procesa liječenja, rehabilitacije ili s druge strane, poboljšanja snage, koordinacije, fleksibilnosti, raspona pokreta, izdržljivosti i aerobnog kapaciteta.

2. MEDICINSKE VJEŽBE

Vježbe su imale primjenu u prevenciji i liječenju bolesti još od doba Hipokrata i Galena, a na znanstvenim osnovama tek je u 19. stoljeću utemeljena znanstvena disciplina i grana fizikalne medicine koja se koristi pokretom u svrhu liječenja, rehabilitacije i prevencije bolesti - kineziterapija. Zakonitosti kineziterapije (grč. *kinezio* – pokret i *therapeia* – liječenje) koju još nazivamo medicinske vježbe, medicinska gimnastika, liječenje pokretom nalaze se u kineziologiji i biomehanici, znanostima koje proučavaju i analiziraju pokret i gibanje.(2) Cilj kineziterapije jest iskoristiti sve potencijale liječenog pacijenta kako bi se postigao najbolji mogući oporavak narušene funkcije kretanja.(3) Osim uspostavljanja, održavanja ili povećanja opsega pokreta (ROM- *range of motion*), kineziterapija ima primjenu i u: povećanju ili održavanju mišićne snage i izdržljivosti te brzine pokreta; poboljšanju ravnoteže i neuromišićne koordinacije pokreta; poboljšanju stava ili položaja tijela, prevenciji te korekciji deformiteta; poboljšanju funkcije pojedinih organskih sustava te kondicioniranju organizma. Osnovna spoznaja važnosti terapije pokretom jest da se pozitivni učinci vježbi osim na lokomotornom sustavu očituju u svim organskim sustavima tijela dovodeći u konačnici do smanjenja svih uzroka smrti i poboljšanja kvalitete života.(2)

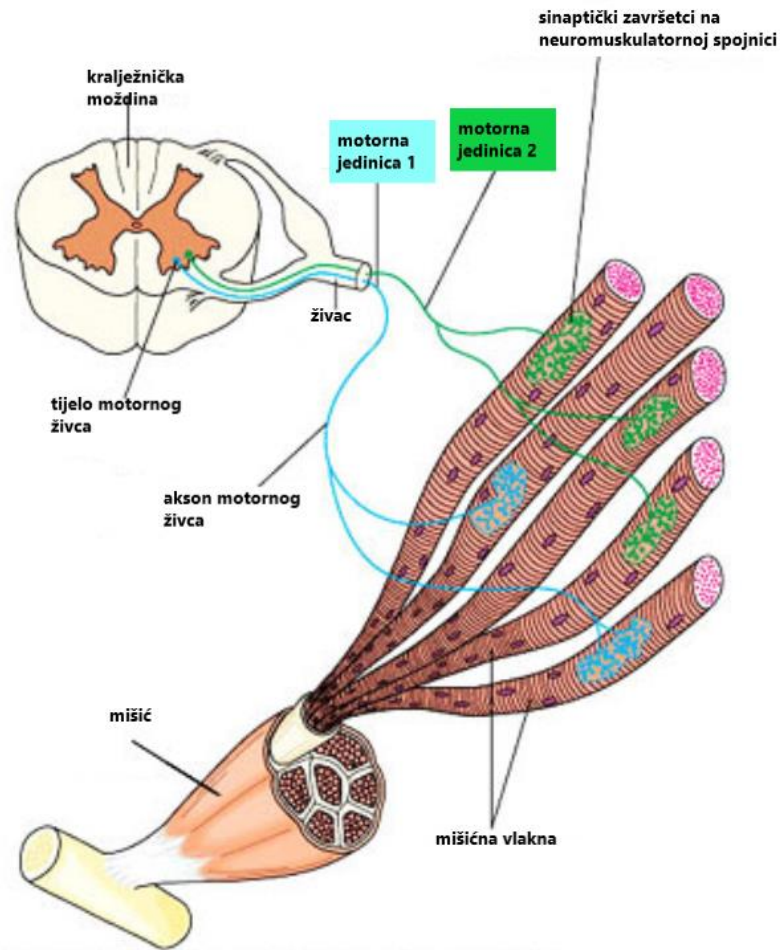
2.1. Podjela medicinskih vježbi

Medicinske vježbe mogu se podijeliti: po načinu izvođenja na pasivne i aktivne, po vrsti mišićne kontrakcije na statičke (izometričke) i dinamičke (izotoničke i izokinetičke) te po cilju koji želimo postići na vježbe opsega pokreta; vježbe snaženja mišića i izdržljivosti; vježbe ravnoteže i koordinacije; vježbe propriocepcije; neurofascilitacijske tehnike; kardiorespiratorni trening, aerobni trening i dr. Izvođenje vježbe potrebno je individualizirati kako bi se dostigao oporavak funkcije oštećenog dijela tjelesnog sustava.

Primjerice, kod dijela pacijenata zbog različitih bolesti može biti iscrpljena mogućnost ili količina prilagodbe tijela na povećane zahtjeve koji se vežu uz određenu vježbu. Ovisno o izmjerenoj mišićnoj snazi, procjeni spremnosti na tjelesnu aktivnost i drugim parametrima pri evaluaciji pacijenta provodi se personalizirana kineziterapija primjerenog načina izvođenja i vrste mišićne kontrakcije.(2)

2.2. Mjerenje mišićne snage

Mišićna snaga sposobnost je mišića razviti silu protiv otpora. Mišićna sila je trenutačna sila koja se manifestira na tetivama aktiviranog mišića i izražava se u njutnima (N). Maksimalna sila koju mišić može ispoljiti proporcionalna je poprečnom presjeku mišića ($40-100 \text{ N/cm}^2$), broju aktiviranih motornih jedinica i frekvenciji njihove aktivacije. Motorna jedinica osnova je funkcionalna jedinica koja se sastoji od svih mišićnih vlakana koje inervira jedno motorno vlakno motoneurona (2), sl.1 motorna jedinica



sl. 1 motorna jedinica (preuzeto i uređeno) (4)

Mišićno testiranje naziv je za kliničku metodu mjerenja mišićne snage. Može se izvoditi manualno s ocjenom 0-5 (tabl. 1). Manualni mišićni test služi samo za grubu koncepciju o mišićnoj snazi. Otpor pokretu najčešće pruža fizioterapeut svojom rukom. Pri kvantitativnom ispitivanju mišićne snage otpor pokretu najčešće se pruža utegom. Maksimalna mišićna snaga izražava se kao RM (engl. repetition maximum). Snaga od 1 RM podrazumijeva da ispitanik može savladati određeno opterećenje/otpor (kroz puni opseg pokreta), koji pruža uteg određene mase samo jedanput (npr. snaga od 1 RM = 8 znači da je ispitanik pri kontrakciji ispitivanog mišića savladao otpor/opterećenje od 8 kg kroz puni opseg pokreta samo jednom, dok za drugi uzastopni pokušaj više nije imao snage, tj. to je najveći otpor/opterećenje koje mišić može savladati kroz puni opseg pokreta samo jednom; snaga od 10 RM= 8 znači da je ispitanik pri kontrakciji ispitivanog mišića savladao opterećenje od 8

kg kroz puni opseg pokreta u 10 uzastopnih ponavljanja, dok za 11. pokušaj kontrakcije više nije imao snage). Mišićna snaga može se pouzdano i egzaktno mjeriti i aparatom - dinamometrom koji omogućava mjerenje i statičke snage i dinamičke snage u svakom trenutku izvedenog pokreta.

tabl. 1 - ocjena mišićne snage manualnim mišićnim testom (preuzeto) (1)

0	nema traga kontrakcije
1	vidljiva kontrakcija mišića bez mogućnosti izvođenja pokreta
2	moguć pokret uz eliminaciju sile teže – u rasteretnom položaju
3	pokret uz savladavanje sile teže
4	pokret uz savladavanje manjeg dodatnog otpora
5	pokret uz savladavanje primjerenog dodatnog otpora

Različiti uređaji mogu se koristiti za mjerenje mišićne snage putem ugrađenih sustava za mjerenje snage određenih skupina mišića. Primjer objavljen u „*Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*“ inventivna je sprava za vježbanje mišića trupa u stojećem ili sjedećem položaju, bez potrebe pomicanja trupa s ugrađenim mehaničkim manometrom za mjerenje snage mišića trupa što doprinosi adherenciji programu vježbanja. (5) Istraživači s Centra za zdravstvenu njegu u Kanadi proveli su studiju s ciljem određivanja i sustavnog prikaza metoda mjerenja mišićne snage u bolesnika s kroničnom opstruktivnom plućnom bolešću (KOPB). Odgovarajuća procjena mišićne snage omogućila je identificirati pacijente s perifernom mišićnom slabošću koja je povezana je s nepodnošljivošću tjelovježbe te propisivanje adekvatnih opterećenja za trening otpora.

Izometrijska mišićna snaga mjerenja je pomoću ručnog dinamometra, mjerača naprezanja, računalnog dinamometra, magnetske stimulacije ili manualnim mišićnim testom. Izotonična mišićna snaga mjerena je pomoću hidrauličnog sustava ili RM-a, a izokinetička mišićna snaga mjerena je pomoću računalnog dinamometra. Mjeračem naprezanja mjeri se maksimalna voljna kontrakcija protiv nepopustljivog otpora koji je u seriji s mjeračem naprezanja ili kabelskim tenziometrom koji se koriste za mjerenje primijenjene sile. Magnetska stimulacija korištena je za procjenu nevoljne mišićne kontrakcije pri čemu se supramaksimalni podražaj primjenjuje se na motorni živac kako bi se dobila nenamjerna izometrijska napetost trzaja. Računalni dinamometri primjenjuju se za mjerenje raznih parametara periferne mišićne snage kao što su izometrijski, izokinetički moment, brzina momenta. Mjerenjem izokinetičke snage računalnim dinamometrom subjekt maksimalno kontrahira u punom opsegu pokreta zgloba pri unaprijed određenoj kutnoj brzini.(6)

2.3. Procjena spremnosti na tjelesnu aktivnosti

Vrsta i razina nadzora tijekom procjene pacijentova stanja ovisi o težini ozljede, mogućim postojećim komorbiditetima i riziku za nastanak komplikacija. Potrebno je evaluirati prilagodbu tijela na povećane zahtjeve koje iziskuje vježbanje posebice u skupinama osoba s nestabilnim srčanim, respiratornim, metaboličkim, sistemskim i mišićno-skeletnim bolestima. Kod pojedinaca kod kojih se planira aktivnost niskog do umjerenog intenziteta, temelj je upitnik za procjenu spremnosti na tjelesnu aktivnost (PAR-Q, *Physical Activities Readiness Questionnaire*)(7) Djelujući preventivno s ciljem smanjenja rizika komplikacija, liječnik fizikalne medicine trebao bi u suradnji i razgovoru s pacijentom: provjeriti trenutne i prijašnje navike vježbanja; raspraviti o motivaciji i ograničenjima za vježbanje; saznati pacijentova očekivanja, koji oblik vježbe pacijent preferira, postoje li rizici za srčane bolesti (obiteljska anamneza, dijabetes, hipertenzija, pušenje, hiperlipidemija, pretilost), fizička ograničenja kretanja, trenutne bolesti, poremećaji i/ili ostale ozljede; je li pacijent prije prilikom vježbanja imao kakvih poteškoća (bol u prsima, nedostatak zraka, otežano disanje) te koristi li lijekove i

koje točno. Za dio pacijenata potrebno je provesti i tzv. stres test. Indikacije za stres test su: procijeniti postojanje srčane bolesti (stabilna ili nestabilna angina pectoris); procijeniti pacijente s poznatom srčanom bolesti nakon infarkta miokarda ili zahvata na srcu. Ostale indikacije su izvršiti procjenu na zdravim pojedincima bez simptoma: osobe koje se bave zanimanjima visokog rizika - piloti, vatrogasci, policajci; muškarci stariji od 40 godina i žene starije od 50 godina koje vode sjedilački način života i planiraju započeti visoko intenzivan trening; osobe s višestrukim faktorima srčanog rizika; kod pacijenta s bolestima zalistaka (izuzev uznapredovale stenoze aortalnih zalistaka) te u pojedinaca s poremećajem srčanog ritma kako bi se izvršila procjena djelovanja antiaritmika te kako bi se procijenila funkcija pacemakera pri pojačanoj tjelesnoj aktivnosti i potrebi za prilagodbom ritma.(7)

2.4 Medicinske vježbe prema načinu izvođenja

Prema studiji objavljenoj u američkom znanstvenom časopisu *Psychophysiology*,2022. pomoću transkranijalnog doppler ultrazvuka dokazano je da pasivna tjelovježba povećava brzinu cerebralnog krvotoka i podržava izvršnu funkciju – skup mentalnih vještina: radnu memoriju, fleksibilno razmišljanje, samokontrolu. U dotadašnjoj literaturi bilo je navedeno da jednokratno vježbanje koje uključuje voljnu aktivaciju mišića (aktivne vježbe) poboljšava izvršnu funkciju i povećava cerebralni krvotok što pridonosi istome. Međutim, nije bilo poznato izaziva li „nenamjerna“ vježba (pasivna vježba) u kojoj se udovi pojedinca pokreću putem vanjske sile slično poboljšanje izvršne funkcije. Nadalje, u navedenoj studiji utvrđeno je kako proprioceptivni i feed-forward (davanje informacije o pokretu unaprijed) poticaj iz pasivnog vježbanja povećava brzinu cerebralnog protoka neovisno o metaboličkim zahtjevima aktivnog vježbanja. U provedenoj proceduralnoj validaciji studije sudionici su koristili cikloergometar za izvođenje aktivnih i pasivnih uvjeta vježbanja uz kontrolno stanje bez vježbanja. (8)

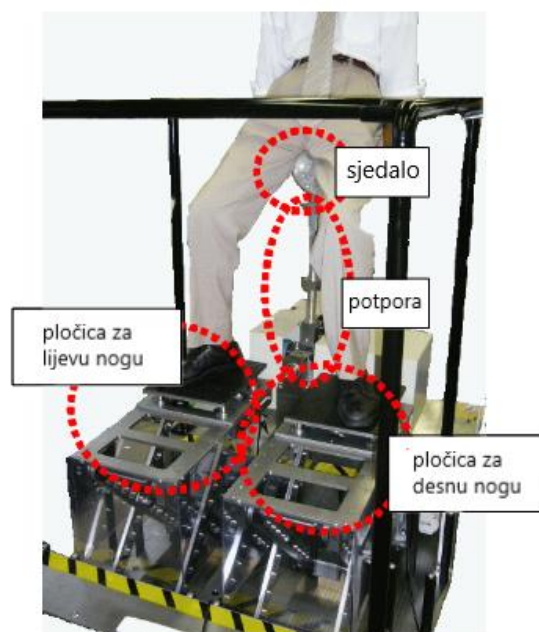
2.4.1. Pasivne vježbe

U rehabilitacijskom medicini pasivne vježbe provode se kada je mišićna snaga na MMT-u 0 ili 1, kada je pacijent teškog općeg stanja ili ne surađuje pri vježbanju. Pasivne vježbe izvode se mimo pacijentove volje, uz pomoć fizioterapeuta ili samog pacijenta, tako što npr. učini pokret oduzetog ekstremiteta snagom zdravog, ili uz pomoć aparata za izvođenje kontinuiranog pasivnog pokreta. Glavni učinci pasivnih vježbi su: očuvanje opsega pokreta u zglobovima (sprječavanje nastanka kontraktura) očuvanjem fiziološke duljine mišića, zglobne čahure tetiva i ligamenata, prevencija venske i limfne staze, poboljšanje krvnog protoka i prehrane zglobnih struktura i mekih tkiva te održavanje postojeće propriocepcije kojom se čuva modus operandi pokreta. Pokret je od izrazito velike važnosti za očuvanje zdravlja zglobova, posebice hrskavičnog i mekog tkiva.(2) Pasivni pokreti trebaju odgovarati fiziološkom opsegu pokreta te se izvode do granice boli. Učinak pasivnih pokreta na snagu mišića nalazimo iznimno u postoperativnoj rehabilitaciji ortopedskih bolesnika kod kojih se primjenjuje kontinuirani pasivni pokret pomoću aparata tzv. kinematičke šine pri snazi mišića MMT-om ≥ 3 . Kinematička šina integrira mogućnost preciznog određivanja opsega pokreta u stupnjevima i brzine izvođenja pokreta sustavno prateći fazu postoperativne rehabilitacije (sl.2). Rana pasivna postoperativna mobilizacija zgloba u zadanom opsegu pokreta, osim što povoljno djeluje na prehranu hrskavice ima i povoljan učinak na cijeljenje.(2)

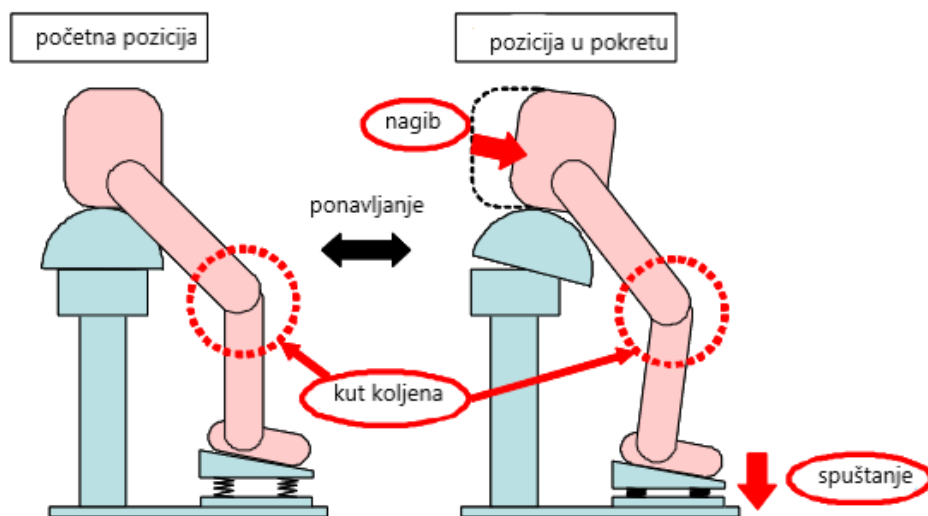


sl. 2 kinematička šina (preuzeto) (2)

Tehnološkim napretkom generirana je nova vrsta sprave za pasivne vježbe koja može potaknuti mišićnu kontrakciju funkcionalnih mišića oko zgloba koljena, sl.3. Prototipski sustav pasivnog izvođenja vježbe omogućava provođenje vježbi ne samo pacijentima koji ne pokazuju interes za vježbanjem, već i pacijentima s dijabetesom tipa 2 i osteoartritisom koljenskog zgloba koji mogu vježbati tako da samo prate kretanje opreme dok sjede na njoj, sl. 4 mehanizam izvođenja pasivne vježbe. Ova oprema za pasivno vježbanje izvodi se sjedeći bez ikakvog napora te poboljšava sistemski unos glukoze induciranjem ugl. kontrakcije m. kvadriceps femoris. Također omogućuje pacijentima vježbanje nogu bez bolova u zglobovima koljena. Nakon 12-tjedne primjene navedene opreme, prema subjektivnoj procjeni osoba s osteoartritisom zgloba koljena, bol u zglobu koljena pri izvođenju vježbe bila je manja od boli pri hodanju na ravnoj površini te je unos glukoze bio značajno poboljšan na temelju standardne istraživačke metode određivanja inzulinske osjetljivosti i utilizacije glukoze *Euglycemic Clamp study*. (9,10)



sl. 3 sprava za pasivno vježbanje mišića oko zgloba koljena (preuzeto i uređeno)(9)



sl. 4 mehanizam izvođenja pasivnog vježbanja mišića oko koljena- odnos kuta koljenskog zgloba i pokret (preuzeto i uređeno) (9)

2.4.2 Aktivne vježbe

Aktivne vježbe izvode se voljom mišićnom kontrakcijom te ostvaruju vezu središnjeg živčanog sustava s izvršnim organom – mišićem te kao takve nalaze primjenu i u npr. rehabilitaciji pacijenata s oštećenjem središnjeg živčanog sustava. Ovisno o evidentiranoj mišićnoj snazi, dijelimo ih na: aktivno pomognute vježbe, aktivne vježbe i aktivne vježbe s dodatnim otporom ili opterećenjem. Za izvođenje aktivnih vježbi potrebna je mišićna snaga procijenjena manualnim mišićnim testom (MMT) ≥ 3 (tabl.1). Aktivne vježbe s otporom provode se kada je zatečena mišićna snaga MMT-om 4 ili 5. Otpor pokretu može činiti fizioterapeut svojom rukom, uteg ili aparat. Aktivne vježbe pacijent provodi pod nadzorom fizioterapeuta koji osigurava pravilno izvođenje vježbe te određuje brzinu izvođenja i broj ponavljanja te kod aktivnih vježbi s otporom utvrđuje i odabire odgovarajuće opterećenje uz postupnu progresiju opterećenja i broja ponavljanja.(2) Aktivne potpomognute vježbe primjenjuju se kad je mišićna snaga nedovoljna za svladavanje sile teže, odnosno prema MMT-u iznosi 2.

Druga pretpostavka za izvođenje ovih vježbi jest potreba za rasterećenjem zgloba koji je bolan zbog traume, operativnog zahvata, degenerativnih promjena ili upale. Rasterećenje se može postići eliminacijom djelovanja sile teže vježbama u suspenziji, povlačenjem ekstremiteta po glatkoj podlozi ili vježbanjem u vodi (prema Arhimedovu zakonu: sila uzgona prividno smanjuje težinu tijela uronjenog u vodu). Ova skupina vježbi može se izvoditi i pridržavanjem ozlijeđenog ekstremiteta, uz pomoć fizioterapeuta koji najčešće pomaže u započinjanju pokreta, prati pokret ili pomaže na kraju izvedenog opsega pokreta(2), sl. 5 aktivno potpomognuta vježba.



sl. 5 aktivno potpomognuta vježba- vježba „*Supine punch*“ uz vanjski zastoj kretnje u ramenu; rehabilitacija nakon stražnje stabilizacije ramena (preuzeto) (11)

Aktivne vježbe s otporom ili opterećenjem primjenjuju se kad je mišićna snaga određena manualnim mišićnim testom MMT jednaka 4, odnosno kad je dovoljna za svladavanje sile teže i dodatnog opterećenja. Takve vježbe izvode se također pod nadzorom fizioterapeuta koji dozira opterećenje, broj ponavljanja i brzinu izvođenja, uz postupnu progresiju vježbi.(2)

2.5. Medicinske vježbe prema vrsti mišićne kontrakcije

Osnovna podjela medicinskih vježbi po vrsti mišićne kontrakcije jest na skupinu statičkih vježbi koje čine izometričke vježbe u kojima se mišić kontrahira bez pokreta u zglobu te na skupinu dinamičkih vježbi u koju se ubrajaju izotoničke i izokinetičke vježbe. Pri izvođenju dinamičkih vježbi mišićna je kontrakcija koncentrična ili ekscentrična i odvija se pokret u zglobu. Statičke (izometričke) te dinamičke vježbe nalaze brojne primjene u rehabilitacijskim programima. Mnogi istraživači provodili su ispitivanja s ciljem utvrđivanja pozitivne korelacije između akutnog učinka izometrijskih vježbi na bol u usporedbi s izotoničkom vježbom ili hodanjem. Studija objavljena u *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* ukazuje da primjena navedenih vježbi u terapijskom pristupu liječenja jedne vrste tendinopatije ne mora se nužno generalizirati na druge upalne bolesti mekih tkiva te da se izometrijske vježbe ne bi trebale propisivati za trenutno ublažavanje boli kod pacijenata s plantarnim fascitisom. S druge strane, u navedenom istraživanju, za razliku od prethodnih istraživanja, smatra se da bi izometrijske vježbe mogle imati ulogu u dugoročnom liječenju plantarnog fascitisa.(12)

2.5.1. Statičke vježbe

Osim prema vrsti mišićne kontrakcije, statičke vježbe od dinamičkih razlikuje i hemodinamski odgovor tjelesnog sustava. Gledajući usporedbu izvođenja statičkih i dinamičkih vježbi, kod statičkih dolazi do značajno manjeg povećanja volumena primitka kisika, srčanog minutnog volumena te srčane frekvencije. Također, periferni vaskularni otpor se ne smanjuje. Hemodinamski odgovor pri izvođenju statičkih vježbi ovisi o postotku maksimalne voljne kontrakcije i udjela mišićne mase koja pridonosi kontrakciji. Vježbe visokog statičkog napora mogu dovesti do u potpunosti zaustavljenog protoka krvi kroz mišić, stoga kod statičkih vježbi dolazi do anaerobnog metabolizma i brže pojave mišićnog zamora nego pri izvođenju dinamičkih vježbi. Događa se i povećanje krvnog tlaka, posebice dijastoličkog tlaka te dolazi do smanjenja opterećenja lijeve srčane klijetke.(13)Primjena statičkih vježbi u

rehabilitacijskoj medicini provodi se s ciljem snaženja mišića. Vježbe snaženja temelje se na načelu opterećenja mišića čime se povećava mišićna snaga i mišićna trofika. Statičke vježbe temelje se na maksimalnoj voljnoj kontrakciji određena trajanja. Ako želimo postići povećanje mišićne snage, izometrička kontrakcija treba trajati najmanje 6 sekundi. Odmor između pojedinih kontrakcija iznosi 15-20 sekundi. Izvode se više puta na dan u serijama od 5 do 20 ponavljanja. Broj serija ovisi o vrsti ozljede i o fazi rehabilitacije. U ranim fazama rehabilitacije vrlo često su statičke vježbe jedini dopušteni tip vježbi. Pokazuju najmanju učinkovitost jer je povećanje snage ograničeno na kut pod kojim se zbiva kontrakcija. S obzirom da je cilj svakog individualnog rehabilitacijskog programa povećati snagu kroz cijeli opseg pokreta, koristi se tehnika vježbanja pod različitim kutovima (*multiple angle isometrics*). Poznato je da se fiziološki učinci zbivaju u rasponu od po 10 stupnjeva u svakome smjeru od početne pozicije vježbanja, shodno tomu kontrakcije se izvode u promjenjivim položajima zgloba od 20 stupnjeva. U pacijenata sa znanim srčanim tegobama ili povišenim tlakom treba postupati oprezno pri vježbanju jer vježbe velikih mišića ili mišićnih skupina mogu povisiti krvni tlak. (2,14) Na Sveučilištu u Oklahomi provedeno je istraživanje o učincima izometrijske vježbe na hemodinamiku i krvni tlak u osoba s normalnih krvnim tlakom i hipertenzijom. Utvrđeno je kako se hemodinamske promjene vraćaju na početne vrijednosti ubrzo nakon završetka vježbanja te da izometrijske vježbe ili vježbe otpora ne podižu krvni tlak u mirovanju i često dovode do malog sniženja, koje bi se moglo povećati istodobnom primjenom antihipertenzivnih lijekova. Prema provedenom istraživanju, osim krvnog tlaka, izometrijsko vježbanje povezano je s drugim korisnim učincima koji se sastoje od povećanja mišićne mase, snaženja gornjeg i donjeg dijela tijela, povećanja gustoće kostiju i smanjenja prijeloma kostiju. Ove promjene iznimno su korisne za starije pacijente jer ih čine pokretljivijima i povećavaju kvalitetu njihova života. Na temelju ovih promjena, autori vjeruju da bi se izometrijske vježbe, same ili u kombinaciji s dinamičkim vježbama, trebale preporučiti pacijentima koji boluju od hipertenzije i biti dio sveobuhvatnog režima liječenja. (15)

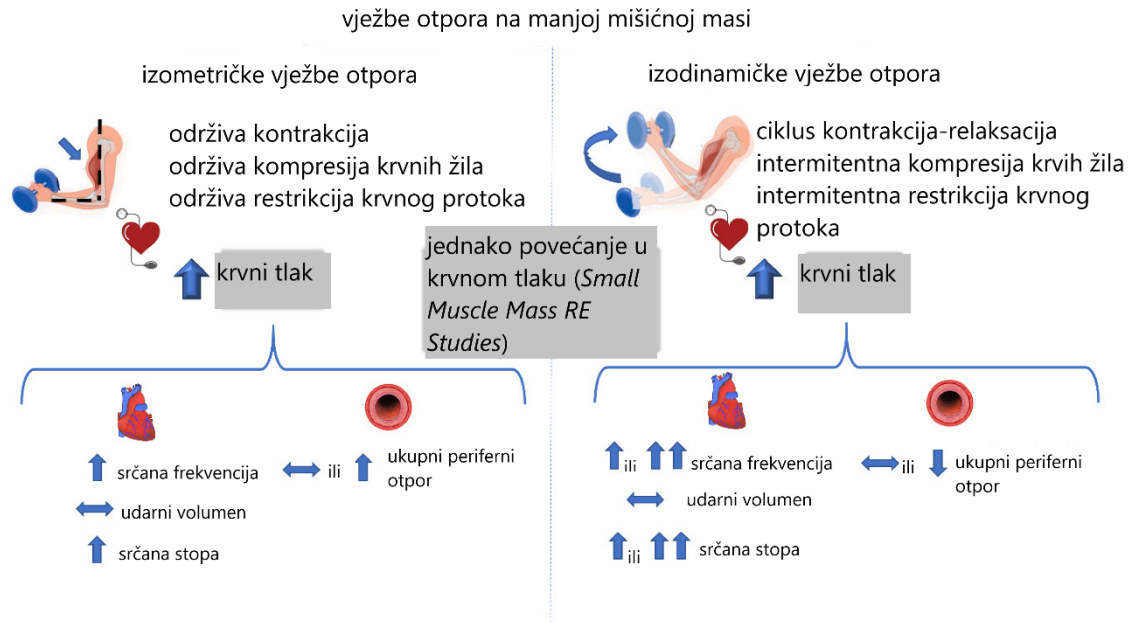
Prednosti provođenja izometričkih vježbi su: primjena rano u rehabilitaciji; povećavaju izometričku mišićnu snagu; usporavaju atrofiju mišića; održavaju senzorički *biofeedback* te se mogu izvoditi neovisno o lokaciji. Nedostatci izometričkih vježbi su: mišićna snaga povećava se pod kutom izvođenja te samo do 20 stupnjeva u svakome smjeru; teško je održavanje pacijentove motivacije zbog mogućeg ishemičnog odgovora mišića, moguće posljedične boli te porasta krvnog tlaka. U izvođenju izometričkih vježbi od izrazita je značaja za učinak pacijenatov psihološki status. Motivacijsko intervjuiranje i postavljanje ciljeva prema izvješćima velikih studija najpopularnije su tehnike motivacije za tjelesnu aktivnost i provođenje medicinskih vježbi.(16)

2.5.2. Dinamičke vježbe

U 8 velikih randomiziranim kontrolnim studijama provodili su se dinamički programi vježbanja (trening aerobnog kapaciteta i/ili mišićne snage) u bolesnika s reumatoidnim artritismom s ciljem utvrđivanja učinkovitosti terapije dinamičkim vježbanjem. Na temelju dokaza, pri čemu su 4 randomizirane kontrolne studije ispunile većinu metodoloških kriterija, zaključeno je da se trening aerobnog kapaciteta u kombinaciji s treningom mišićne snage preporučuje kao rutinska praksa u bolesnika s reumatoidnim artritismom. Izvođenje dinamičkih vježbi predstavlja izravan izazov za kardiovaskularni sustav budući da uključuje kronotropne i inotropne mehanizme te povećava *pre-load* i *after-load* opterećenje na srce, sl. 6 usporedba hemodinamskog odgovora izometričkih i izodinamičkih vježbi otpora na manjoj mišićnoj masi.

Redovita primjena dinamičkih vježbanja, odnosno fizičkog treninga izaziva nekoliko fizioloških prilagodbi koje dovode do povećanja volumena i mase srca.(17) Prema studiji objavljenoj u *Current Cardiology Reviews - Bentham Sciences* istaknuto je nekoliko fizioloških i morfoloških razlika povezanih sa spolom u kardiovaskularnim prilagodbama i prilagodbama na dinamičko vježbanje kod ljudi.

U tom smislu, spol može biti važan u određivanju navedenih prilagodbi i prilagodbi dinamičkom vježbanju zbog genetskih, endokrinih i razlika u sastavu tijela među spolovima. Čini se da žene imaju smanjenu vazokonstrikciju i manji vaskularni otpor u usporedbi s muškarcima, osobito nakon dinamičkog vježbanja. Značajne razlike postoje i u kardiovaskularnim prilagodbama na fizički trening, pri čemu trenirane žene pokazuju manji srčani volumen i debljinu stijenke u usporedbi s muškim sportašima.(18) Pri vršenju dinamičkih vježbi dolazi do povećanja krvnog tlaka, posebice sistoličkog, smanjenja vaskularnog otpora, povećanja srčanog minutnog volumena i srčane frekvencije. Prilagodbe tijela koje počinju kratko prije i pri početku izvođenja dinamičkih vježbi događaju se primarno zbog povećanja dostupnosti kisika i hranjivih tvari mišićima odnosno kako bi se mogli ukloniti produkti mišićnog metabolizma (ugljični dioksid, laktati, toplina). Napor dinamičkog vježbanja iskazuje se u apsolutnim (volumen primitka kisika u litrama po minuti - VO_2) ili relativnim jedinicama (postotak maksimalnog aerobnog kapaciteta pojedinca - $VO_{2,max}$) ([v. pogl. 3.3.](#)). Apsolutnim jedinicama prikazuje se mjera obavljenog rada u jedinici vremena, a relativnim se preciznije opisuje koliko je obavljena vježba predstavljala napor za pojedinca. Većina adaptacija kardiovaskularnog sustava na dinamičke vježbe regulirana je funkcijom autonomnog živčanog sustava. Smanjenje aktivnosti parasimpatikusa provedivo je do dostizanja 50% maksimalnog aerobnog kapaciteta nakon čega je potrebna aktivacija simpatikusa kako bi došlo do dodatnog povećanja srčanog rada. Nadalje, simpatikus dovodi do povećanja kontraktilnosti srčanog mišića, mobilizira hranjive tvari te djeluje na razinu cirkulirajućih hormona i na raspodjelu protoka krvi u organizmu putem metabolički uvjetovane vazokonstrikcije krvnih žila u neaktivnim dijelovima tijela. Disanje kao kompenzacijski mehanizam zahtjeva koje postavlja dinamičko vježbanje linearno se povećava s povećanje volumena primitka kisika do dostizanja anaerobnog praga.(13)



sl. 6 (preuzeto i uređeno) (19)

2.5.2.1. Izotoničke vježbe

Izotoničke vježbe provode se uz konstantan otpor kroz raspoloživ ili puni opseg pokreta, koncentričnom ili ekscetričnom kontrakcijom mišića. Najvažnije odrednice izotoničkih vježbi su: konstantno opterećenje, nejednakomjerni mišićni rad i promjenjiva brzina pokreta. Točniji naziv ove skupine vježbi bio bi anizotoničke vježbe jer napetost mišića nije konstantna već varira kako se mišić skraćuje ili produžuje. Postoji mogućnost provedbe ovih vježbi uz manualni ili mehanički otpor. Opterećenje je najčešće fiksno, dok se terapeuti većinom koriste kombinacijom koncentrične i ekscentrične mišićne kontrakcije. Ekscentrična mišićna kontrakcija uključuje negativan rad koji provodimo u brojnim svakodnevnim aktivnostima: decelacija udova pri naglim promjenama brzine ili smjera, apsorpcija šoka tijekom funkcionalnih aktivnosti u zatvorenom kinetičkom lancu. (2) Koncept zatvorenog kinetičkog lanca čine vježbe ili pokreti koji se izvode tako da je distalni segment ekstremiteta fiksiran odnosno nepomičan, dok se kroz izvedbu pokreta proksimalni dijelovi tijela približavaju i udaljavaju distalnom (stacionarnom) dijelu tijela kroz izvedbu pokreta.

Sila koja je proizvedena u fiksiranom, distalnom dijelu tijela prilikom početka izvođenja pokreta većinom generira kretnje i u ostalim dijelovima tijela. Jedan od primjera vježbi zatvorenog kinetičkog lanca jest čučanj. Prilikom izvedbe čučnja, stopala kao distalni segment tijela stoje fiksirana na tlu i ne pomiču se kroz pokret, dok ostali proksimalni dijelovi tijela imaju određeni stupanj slobode kretanja.(2,20) Nakon izvođenja izotoničkih vježbi može se pojaviti bol uzrokovana slabljenjem prokrvljenosti i oksigenacije te gomilanja mliječne kiseline, odnosno laktata i kalija. Riječ je prolaznoj boli koja se može izbjeći tako da se vježbanje postupno završava periodom „hlađenja“ (*cool-down*). Uobičajeno trajanje boli u vremenskom intervalu 24 - 48 h upućuje na nastalo mikrotraumatiziranje tkiva s posljedičnom upalom. Istraživanje Bas Van Hoorena, nizozemskog sportskog znanstvenika i atletičara, provedeno je s ciljem usporedbe učinaka različitih vrsta aktivnog hlađenja s pasivnim hlađenjem na sportsku izvedbu, ozljede, dugoročne adaptacijske reakcije i psihofiziološke markere oporavka nakon vježbanja. Prema navedenom istraživanju smatra se da je aktivno hlađenje uglavnom neučinkovito u pogledu poboljšanja sportske izvedbe istog dana i sljedećeg dana, no utvrđeni su korisni učinci na izvedbu sljedećeg dana. Iako aktivno hlađenje ne sprječava ozljede, preliminarni dokazi upućuju temeljem većine psihofizioloških pokazatelja oporavka nakon vježbanja neke prednosti u usporedbi s pasivnim hlađenjem. Aktivno hlađenje ubrzava oporavak laktata u krvi. Osim smanjenja boli, izvođenje aktivnog hlađenja može djelomično spriječiti depresiju imunološkog sustava i pospješiti brži oporavak kardiovaskularnog i dišnog sustava.(21)

Prednosti izotoničkih vježbi su: postizanje napretka (veći broj ponavljanja, veća težina) te time pacijentove motivacije; rad kroz opseg pokreta uključujući ekscentričnu i koncentričnu komponentu; jednostavna izvedba u otvorenom i zatvorenom kinetičkom lancu; djelovanje na dubinski proprioceptivni osjet; povećanje mišićne snage; poboljšanje izdržljivosti. Kako bi se uspješno provela rehabilitacija pacijenta, izdvojena je prednost vezana uz sam proces provedbe: mogućnost objektivnog dokumentiranja.

Glavni nedostaci ovih vježbi su: prerano izvođenje može izazvati traumatski sinovitis; vježbe se ne provode u funkcionalnim brzinama ni trodimenzionalno; teško postizanje aerobnog odgovora na trening; ekscentrične vježbe mogu uzrokovati mikrotraume; često zahtijevaju posebnu opremu; izvođenjem na uređajima aktivira se samo pojedina skupina mišića; jače singerističke skupine mišića mogu kompenzirati slabije agonističke.(2)

2.5.2.2. Izokinetičke vježbe

Suprotno izotoničkim vježbama, izokinetičke vježbe određene su: fiksnom brzinom, promjenjivim otporom i konstantnim mišićnim radom. Učinak ovih vježbi ovisi o brzini kojom se provode. Mišićni rad je maksimalan (konstantan) tijekom cijelog opsega pokreta, odnosno opterećenje se prilagođuje količini sile koju stvara određena mišićna skupina. Izokinetički dinamometri osim što se koriste u testiranju mišićne snage i izdržljivosti mišićnih skupina, primjenjuju se i u provođenju vježbi (dinamometri- [v. pogl. 2.2.](#)) Na pasivnim dinamometrima moguće je izvođenje izokinetičkih i izotoničkih koncentričnih vježbi te izometričkih vježbi pod raznim kutovima. Nedostatak pasivnih dinamometara je nemogućnost dobivanja ekscentrične kontrakcije. S druge strane, aktivni dinamometri mogu obavljati ekscentrične izotoničke i izokinetičke vježbe te kontinuirani pasivni pokret. Prednosti izokinetičkih vježbi su: maksimalno opterećenje tijekom ponavljajućih opsega pokreta pomoću akomodirajućeg otpora te reproducibilnost, dok su glavni nedostaci: praćenje ograničeno na izolirane mišićne skupine kroz glave ravnine tijela; vježbe u ponajviše otvorenom kinetičkom lancu; cijena uređaja te manjak stručnog osoblja kvalificiranog za tehnički dio procesa provedbe izokinetičkog vježbanja (kalibracija uređaja, pozicioniranje, korekcija gravitacije).(2) U *Brazilian Journal of Physical Therapy, 2020.* objavljena je studija s ciljem usporedbe konvencionalnog ekscentričnog vježbanja (konstantnog opterećenja) i izokinetičkog ekscentričnog treninga na mišićnu masu, snagu i funkcionalnu izvedbu u rekreativnog sportaša nakon rekonstrukcije prednjeg križnog ligamenta (ACL).

Standardni rehabilitacijski program prolazilo je tridesetak rekreativnih sportaša prethodno podvrgnutih rekonstrukciji ACL-a. Nakon provedene randomizacije, rekreativni sportaši bili su podijeljeni u konvencionalnu skupinu s programom ekscentričnog treninga kvadricepsa na ekstenzorskoj stolici i izokinetičku skupinu s programom treninga na izokinetičkom dinamometru. Procjene mišićne mase (putem magnetske rezonancije), snage (izokinetičkom dinamometrijom) i funkcionalnosti (testovi samoprocjene) provedene su prije i nakon 6-tjednog programa vježbanja. Rezultati studije pokazali su da je program izokinetičkog vježbanja imao značajno veća poboljšanja za sva promatrana mjerenja uključujući mišićnu masu. Studija je potvrdila hipotezu da je izokinetički ekscentrični trening učinkovitiji je od ekscentričnog treninga s konstantnim opterećenjem za rehabilitaciju kvadricepsa nakon rekonstrukcije prednjeg križnog ligamenta.(22)

2.6. Medicinske vježbe prema cilju

Podjelom prema cilju ili svrsi medicinske vježbe dijele se na vježbe opsega pokreta, vježbe istezanja, vježbe snaženja, vježbe izdržljivosti, vježbe koordinacije i ravnoteže, korektivne vježbe i rekreacijske vježbe.(2) Brojne randomizirane studije i smjernice za kliničku praksu podupiru činjenicu da u pacijenata s kroničnim neuromuskularnim bolestima vježbe smanjuju nesposobnost i bol, poboljšavaju opću kondiciju, status zaposlenja i smanjuju stopu ponavljanja epizoda iste. Istraživanja temeljena na konzervativnom liječenju bolesnika s kroničnom križoboljom upućuju na to da se najbolji rezultati postižu primjenom individualno osmišljenih vježbi, koje se provode pod stručnim nadzorom. U literaturi se navodi potreba za visokokvalitetnim istraživanjima s ciljem utvrđivanja učinkovitosti specifičnih intervencija (tip vježbi, vrijeme, intenzitet i druga obilježja) u svakoga pojedinog pacijenta ili specifične grupe pacijenata.(23)

2.6.1. Vježbe opsega pokreta

Vježbe opsega pokreta (engl. *range of motion - ROM exercises*), provode se s osnovnom svrhom održanja ili ostvarenja punog (normalnog) opsega pokreta. Mobilnost zgloba koja omogućuje pokret ovisi o statičkim i dinamičkim čimbenicima. Statički su čimbenici vrste tkiva koja su uključena u istezanje, vrsta kolagenih vlakana te eventualno postojanje upale i temperatura tkiva. Ova činjenica temelji se na spoznaji boljeg istezanja toplijih tkiva od hladnih te istezanja tetive za 2-3% svoje dužine. Dinamički su čimbenici neuromišićni faktori poput voljne mišićne kontrakcije, mišićno-tetivne jedinice ili vanjskog čimbenika kao što je bol. Najvažniji dinamički čimbenik jest mišićno-tetivna jedinica koju čine mišićno vreteno i Golgijev tetivni organ koji mehanizmom povratne sprege zaustavlja mišićnu kontrakciju kad istezanje mišića prijete ozljedom. Djelujući simultano, mišićno vreteno i Golgijev tetivni organ osiguravaju nesvjesnu neuromišićnu kontrolu na razini refleksnog luka.(2) Refleksni luk koji se sastoji od aferentnih vlakana koja prepoznaju istezanje mišićnog vretena i potom usmjeravaju sustav motoričkih jedinica koji uzrokuje kontrakciju mišića, pod nadzorom je središnjeg živčanog sustava.(24) Prema načinu izvođenja vježbi opsega pokreta razlikuju se u cijelosti pasivne (bez suradnje bolesnika, provodi ih fizioterapeut ili uređaj za kontinuirani pasivni pokret), aktivno potpomognute (bolesnik izvodi aktivno pokret u maksimalnom opsegu, a fizioterapeut pomogne izvesti pokret u punom opsegu) i aktivne (bolesnik samostalno izvodi vježbu). Detaljnije objašnjenje navedenih vježbi je u poglavlju [2.4.](#); [2.4.1.](#); [2.4.2.](#) Vježbe opsega pokreta provode se 2-3 puta dnevno u punom opsegu pokreta uz stabilizaciju proksimalnog dijela ekstremiteta s ciljem prevencije nastanka kontraktura te očuvanja obrasca pokreta i aktivacije propriocepcije. Za pravilno provođenje prethodi poznavanje anatomije tijela i biomehanike pokreta. Kod nepokretnog bolesnika fizioterapeutu potrebno je 5 do 10 minuta kako bi u uradio puni opseg pokreta 2 do 3 puta za redom u svim zglobovima ruku i nogu.

Zdrave, pokretne osobe ne moraju provoditi vježbe opsega pokreta kako bi očuvale normalnu pokretljivost u zglobovima jer pri obavljanju svakodnevnih aktivnosti zdrava osoba izvrši puni opseg pokreta, barem nekoliko puta u toku dana, u svim zglobovima.(2)

2.6.2. Vježbe istezanja

Vježbe istezanja (*engl. stretching*) izvode se primarno u slučajevima smanjenog opsega pokreta, odnosno postojanja kontrakture ili pri smanjenoj fleksibilnosti. Cilj ovih vježbi je povećanje opsega pokreta u zglobu ili povećanje fleksibilnosti u kinetičkom lancu.

Kontraktura zgloba najčešće nastaje zbog dugotrajne imobilizacije zgloba ili kad pacijent svjesno zbog boli ne izvodi puni opseg pokreta u zglobu. U najvećem broju slučajeva nastaju fleksijske kontrakture zgloba, drugim riječima nemogućnost pune ekstenzije u zglobu tj. punog ispružanja zgloba. Drugi razlog nastanka kontraktura koji se navodi u literaturi je spastičnost mišića kod oštećenja središnjeg živčanog sustava. U tom konkretnom slučaju nastaju kontrakture po fleksijskom obrascu na ruci i ekstenzijskom obrascu na nozi. Posebno je važno čuvati puno ispružanje zgloba u velikim nosivim zglobovima kuka i koljena jer i naizgled neznatna fleksijska kontraktura od nekoliko stupnjeva funkcionalno skraćuje ekstremitet što dovodi do poremećaja normalne biomehanike hoda s posljedičnim preopterećenjem i/ili nepravilnim opterećenjem kralježnice i zglobova kontralateralnog ekstremiteta. Zglobna čahura i ligamenti statički su stabilizatori zgloba, dok su mišići dinamički stabilizatori zgloba koji promjenom tonusa dinamički u pokretu stabiliziraju zglob. Svrshodnost provođenja vježbi istezanja nalazi mjesto i u usporavanju razvoja degenerativnih promjena zglobova. Naime, pri uspravnom stavu u slučaju fleksijske kontrakture smanjuje se površina zgloba pod opterećenjem uz nemogućnost postizanja pune trofike mišića (prema spoznajama iz biomehanike: m. vastus medialis kvadricepsa aktivira se tek pri zadnjih 5 - 10 stupnjeva ekstenzije koljenskog zgloba, a najveća je opteretiva površina kondila femura i tibije pri ispruženom koljenu).

Kontraktura zgloba umanjuje funkcionalnost zgloba mijenjajući biomehaniku i postotak površina pod opterećenjem što ubrzava razvoj degenerativnih promjena. Posljedice kontraktura na lokomotorni sustav mogu biti lokalne (očituju se na samome zglobu) i globalne (odražavaju se na gotovo cijelom lokomotornom sustavu).(2) Istraživanje objavljeno u *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 2021. potvrdilo je učinkovitost 10-minutnog statičkog istežanja na mehanička svojstva m. tricepsa surae. 15 sudionika izvelo je 10-minutno pasivno statičko rastežanje plantarnih fleksora na izokinetičkom dinamometru. Uspoređivali su se rezultati raspona opsega pokreta (*ROM*), pasivnog momenta i ukočenosti mišićno-tetivne jedinice prije intervencije, iz minute u minutu i nakon intervencije. Kao rezultat intervencije uslijedilo je povećanje opsega pokreta (*ROM*) i smanjenje ukočenosti mišićno-tetivne jedinice.(25)

Statičko istežanje provodi se tako da pacijent sam ili uz pomoć fizioterapeuta napravi pokret u zglobu do početne točke otpora te potom nastavi pokret u zglobu polagano nekoliko dodatnih stupnjeva osjećajući bol i istežanje, a pokret se potom zadržava u krajnjem opsegu kroz barem 15 do 20 sekundi. Bitno je za naglasiti da u slučaju provođenja vježbi istežanja ne vrijedi pravilo poštivanja granice boli, već bol treba biti u podnošljivoj mjeri i ne smije trajati duže od 2 sata nakon vježbi. Ukoliko traje duže od 24 sata, takvo stanje ukazuje na nastalu ozljedu tkiva prilikom istežanja. Istežanje se provodi kontinuirano, polagano, bez trzanja kako ne bi došlo do aktivacije refleksa istežanja (engl. *stretch reflex*) koji nastaje aktivacijom mišićnog vretena. Aktivacija refleksa istežanja dovela bi do naglog porasta napetosti mišića. Vježbama istežanja, koje završavaju tako da se ekstremitet polako vraća u početni položaj, postiže se bolja fleksibilnost lokomotornog sustava. Svako povećanje opsega pokreta od 5° klinički je značajno – indicira poboljšanje funkcije zgloba. Vježbe statičkog istežanja nalaze primjenu i u smanjenju spastičnosti mišića i prevenciji razvoja kontraktura zgloba u slučaju lezije središnjeg živčanog sustava (npr. kod spastične pareze ili plegije ekstremiteta posljedično oštećenju mozga ili kralježnične moždine).

Sportska medicina naglašava primjenu vježbi istezanja u povećanju maksimalne amplitude pokreta u nizu zglobova čime se povećava razina fleksibilnosti. Fleksibilnost je veća u djetinjstvu i u žena, a nakon 20-te godine postupno se smanjuje. Tri su osnovne vježbe istezanja kojima se djeluje na elastična i plastična svojstva tkiva, odnosno povećanje fleksibilnosti, a to su: statičko istezanje, dinamičko i balističko istezanje te metoda istezanja koja se temelji na proprioceptivnoj neuromuskularnoj fascilitaciji (PNF istezanje). (2)

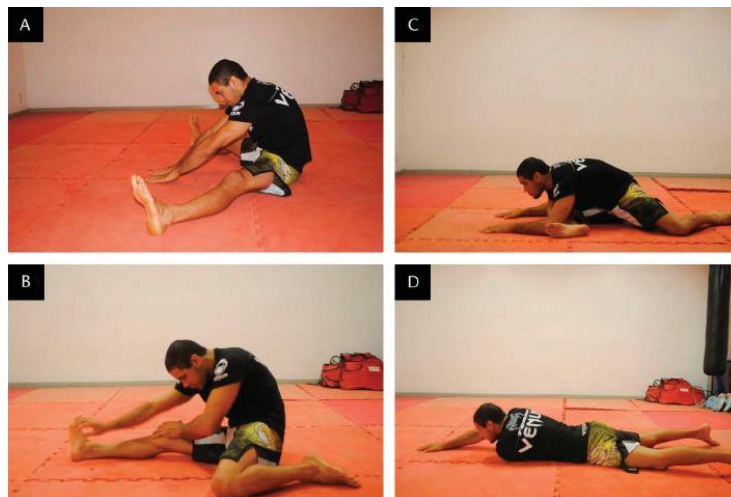
2.6.2.1. Statičko, dinamičko i balističko istezanje

Prethodno opisane vježbe istezanja pripadaju skupini klasičnih statičkih vježbi istezanja; sl. 7 primjeri statičkih vježbi istezanja. Prema dostupnoj literaturi u medicinskoj bazi podataka mogu se naći brojni radovi u kojima se uspoređuje djelotvornost i učinak različitih vježbi istezanja. Svrha studije objavljene u *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2017 bila je istražiti utjecaj jedne vježbe istezanja: statičke, balističke ili proprioceptivne neuromuskularne facilitacije (PNF) na različite mišićno-tetivne parametre potkoljenice i otkriti moguće razlike u učincima između navedenih vježbi. Ispitanici su bili nasumično podijeljeni u skupine za statičko, balističko i PNF istezanje te kontrolnu skupinu. Prije i nakon izvođenja vježbi svakome je bio određen maksimalni opseg pokreta (*ROM*) dorzalne fleksije m. gastrocnemiusa medialisa. Kao rezultat svih vježbi istezanja, došlo je do povećanja *ROM*-a, a smanjenja mišićno-tetivne krutosti i ukočenosti mišića. Također, multivarijantna analiza nije pokazala klinički značajnu razliku između skupina koje su se istezale različitim vježbama.

(26)Metaanaliza objavljena u *Physiotherapy Theory and Practice*, 2016. potvrdila je učinkovitost statičkih vježbi istezanja u povećanju fleksibilnosti. Cilj ove studije bio je istražiti utjecaj statičkog istezanja na fleksibilnost tetive koljena u zdravih mladih odraslih osoba. U svim provedenim testovima (pasivno ravno podizanje, test pasivne ekstenzije koljena i test aktivne ekstenzije koljena) rezultati su bili u korist statičkog istezanja u usporedbi s kontrolnom skupinom.(27)

Dinamičko istezanje, za razliku od statičkog istezanja temelji se na pokretu koji uključuje aktivno pomicanje zgloba kroz njegov pun opseg pokreta bez zadržavanja istezanja; sl. 8 primjeri dinamičkih vježbi istezanja. Zahtjeva veliku amplitudu istezanja, ali ne prelazi normalan opseg izvođenja pokreta u zglobovima. Ovu vrstu istezanja vežemo uz pokret specifičan za pojedini sport ili aktivnost, a ne jedan mišić. Cilj ovih vježbi, u kojima je mišić aktivan tijekom cijelog opsega pokreta, jest unaprijeđenije dinamičke fleksibilnosti i opsega pokreta specifičnog za sportsku aktivnost.(28) Objavljena istraživanja o vježbama istezanja preporučuju da sportaši izvode dinamičko istezanje prije aktivnosti u usporedbi s manjom efektivnošću statičkog istezanja. Korisnost ovih vježbi u sportaša očitovala bi se provođenjem dinamičkog istezanja kao dijela programa zagrijavanja. Prema provedenim studijama dinamičko istezanje prije aktivnosti može rezultirati povećanom agilnošću, sprinterskom izvedbom i maksimalnom snagom mišića.(29) Prednost dinamičkog istezanja je i u tomu da dovodi do povećanja temperature tijela tijekom zagrijavanja, što može povećati brzinu živčane provodljivosti, mišićnu popustljivost i enzimsko kruženje čime se ubrzava proizvodnja energije(30). Brojne studije koje su izvijestile da nema promjena ili pogoršanja sportskih performansi istaknule su moguće olakšavajuće čimbenike izvođenja vježbi istezanja (kao što su trajanje istezanja, amplituda ili brzina). Prema navodima u studijama, veći *ROM* bi se uglavnom mogao pripisati smanjenoj krutosti mišićno-tetivne jedinice, dok bi se poboljšana mišićna izvedba mogla pripisati mehanizmima povezanim s temperaturom i potenciranjem uzrokovanim voljnom kontrakcijom povezanom s dinamičkim istezanjem. Stoga, ako je cilj zagrijavanja povećati *ROM* zgloba i/ili pojačati snagu mišića, dinamičko je istezanje prikladna alternativa statičkom istezanju.(31) Balističko istezanje, za razliku od dinamičkog, čine dinamičke kretnje koje idu iznad granice normalnog opsega pokreta (skokovi, odskoci, doskoci, ritmički pokreti). Zbog opisanih dinamičkih kretnji i velikih trzaja stvara se velika napetost u mišićima i više apsorbirane energije unutar mišićno-tetivne jedinice te shodno tomu istezanje mišića protiv velike količine napetosti što povećava rizik od ozljeda.

Neposredno nakon primjene velike sile, mišić nema dovoljno vremena da smanji napetost ili poveća duljinu.(32) Uključujući nagle, dinamičke, često recipročne pokrete, balističko istezanje ima veliku ulogu u razvoju dinamičke fleksibilnosti. Prednosti dinamičkog i balističkog istezanja su i u tome što se repliciraju pokreti specifični za pojedini sport (npr. nogomet – udarac nogom ili skok). Glavni nedostaci izvođenja balističkog istezanja prema Pećini M. (*Sportska medicina, 2019.*): tkivo nema vremena za adaptaciju, za vrijeme balističkog istezanja pojavljuje se bolnost mišića i može doći do ozljede, izaziva se refleks istezanja i nema dovoljno vremena za neurofiziološku adaptaciju.(33) Budući da sila istezanja nije kontrolirana, balističko istezanje uglavnom se koristi u sportskoj medicini kod dobro utreniranih osoba.(2)



sl.7 primjeri statičkih vježbi istezanja

(a) statičko istezanje za gard (b) statičko istezanje za otvoreni gard (c) statičko rastezanje s promijenjenom bazom (d) statičko istezanje za ramena i ruke

(preuzeto i uređeno) (34)



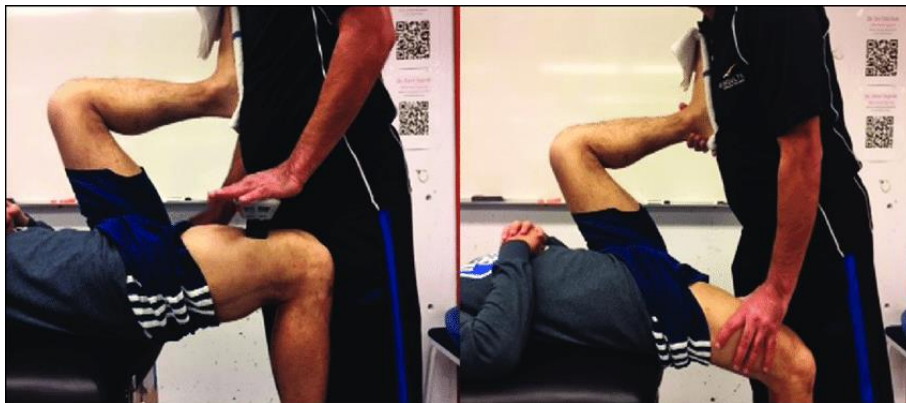
sl. 8 primjeri dinamičkih vježbi istezanja

(a) dinamično prevrtanje unatrag, oponašanje pokreta tijekom borbe na tlu. (b) pokreti fleksije i ekstenzije kukova i lumbalne (c) promjena baze dok je na tlu (d) dinamičko istezanje za aduktore

(preuzeto i uređeno) (34)

2.6.2.2. PNF istežanje (proprioceptivna neuromuskulturna fascilitacija)

PNF metoda istežanja uključuje maksimalnu izometričku kontrakciju mišića neposredno prije njegova istežanja. Temelji se na teorijskoj hipotezi da izometrička kontrakcija neposredno prije istežanja mišića izaziva refleksnu relaksaciju i time dovodi do olakšanja istežanja. Tijek izvedbe metode PNF istežanja: prvo se izvodi klasično statičko istežanje mišića (npr. hamstringsa), potom u istom istegnutom položaju slijedi izometrička kontrakcija mišića protiv otpora kroz 10-tak sekundi, nakon čega se mišić relaksira i završno slijedi ponovno statičko istežanje. Završnim statičkim istežanjem postiže se još nekoliko dodatnih stupnjeva pokreta u zglobu. PNF istežanje može se izvoditi uz pomoć druge osobe ili elastične trake. Proprioceptivna neuromuskulturna fascilitacija (PNF), odnosno neurofascilitacijske tehnike ili klasična metoda vježbanja po Kabatu imaju, osim u sportskoj medicini, središnje mjesto i u rehabilitacijskim programima kod disfunkcije središnjeg živčanog sustava. Primjenjuju se u liječenju hipotonije radi normalizacije tonusa. Fizioterapeut pruža maksimalan otpor na zdrave mišićne skupine iste ili kontralateralne strane te se preko spiralnog ili trodimenzionalnog pokreta fascilitiraju slabije mišićne skupine(2)



sl.9 PNF metoda istežanja -

hold-relax PNF metoda istežanja (HR-PNF) za istežanje mišića fleksora kuka
(uređeno i preuzeto) (35)

PNF metoda najučinkovitija u smislu povećanja amplitude pokreta te se uz balističko i dinamičko istežanje primjenjuje najčešće u sportskoj medicini. Dobra fleksibilnost umanjuje mogućnost ozljede pa se u sportskoj medicini vježbe istežanja trebaju provoditi na početku

treninga nakon zagrijavanja (minimalno 10-tak minuta aerobne aktivnosti) te na kraju svakog treninga.(2) Osim proprioceptivne neuromuskularne fascilitacije, u rehabilitacijskim programima provode se i vježbe po Brunnstromljinom pristupu, vježbe po konceptu Bobathovih i vježbe po Vojti. Vježbe po Brunnstromljinu pristupu, nazivlja prema osnivačici - švedskoj fizioterapeutkinji Brunnstrom, provode se s ciljem singerističke aktivacije mišića koja bi trebala rezultirati uhodanom, voljnom, mišićnom kontrakcijom i funkcijski zamijeniti oštećene motorne puteve i agonističke mišiće. Primjenjuju se i tijekom rane faze rehabilitacije ozljeda središnjeg živčanog sustava u smislu fascilitiranja singerističkih pokreta i tijekom kasne faze rehabilitacije za kontrolu jednostavnih pokreta i normalizaciju tonusa.

(2) Ciljana populacija su pacijenti s hipotonijom ili mlohavom hemiparezom (tabl. 2 Brunnstorm stadiji motornog oporavka). Vježbe po konceptu Bobathovih neurorazvojne su tehnike u kojima se koriste refleksni inhibitorni pokreti radi inhibicije pojačanog mišićnog tonusa. Primjenjuju se u smanjivanju hipertonusa mišića te u fascilitaciji motoričkog oporavka. Strategije treninga promovirane kombinacijom vježbi po konceptu Bobathovih i vježbi po Vojti pokazale su se korisnima u programu oporavka djece s cerebralnom paralizom. Uočeno je poboljšanje simetrične mišićne kontrakcije, ravnoteže i posturalne kontrole(36); sl. 10 primjer vježbe po konceptu Bobathovih

tabl.2 Brunnstrom stadiji motornog oporavka (preuzeto i uređeno) (37)

stadij	stupanj oporavka
stadij 1	flacidna paraliza
stadij 2	pokreti po singerističkom obrascu, nastanak spastičnosti
stadij 3	voljni singeristički pokreti, povećanje spastičnosti
stadij 4	voljni pokreti izvan singerističkog obrasca, smanjenje spastičnosti
stadij 5	razvoj kontrole nad individualnim ili izoliranim pokretima
stadij 6	povratak u gotovo normalnu motornu kontrolu



sl. 10 primjer vježbe po konceptu Bobathovih – vježba „četveronožne neravnoteže“,
preuzeto (36)

Nadalje, vježbe po Vojti čine sveobuhvatnu terapiju metodu u kojoj se primjenjuju „normalni“ motorički razvojni obrasci pokreta: hvatanje, uspravljanje, hod i drugi koji se primarno ne uče i ne vježbaju. Osmislio ih je češki liječnik prof. dr. Vaclav Vojta na temelju otkrića refleksnih točaka senzomotornog sustava koje služe kao refleksni obrazac u hodu. Primjenjuju se ciljani pritisci na određene točke pacijentova tijela u trima položajima: potrbušnom, ležećem na leđima i bočnim položajem. Takav podražaj dovodi refleksno do dvaju pokretačkih kompleksa koji sadržavaju sve motoričke mape pokretanja tijela, neovisno o pacijentovoj voljnoj aktivaciji pokreta. Svrha vježbi po Vojti je u postizanju uspravljanja tijela protiv sile teže, održavanju ravnoteže pri hodu te pri ciljanom hvatanju i pokretanju udova. (2) Pristup vježbanja po Vojti može se smatrati učinkovitom metodom liječenja za poboljšanje stabilnosti trupa i funkcija hoda djece sa spastičnom cerebralnom paralizom.(38)

2.6.3. Vježbe snaženja

Tjelesna snaga se povećava vježbama snage koje se mogu izvoditi statički ili dinamički, no ne postoji mogućnost pretvorbe statičke u dinamičku silu, stoga se u kineziterapijskom programu uvijek koriste obje vrste vježbi snage. Klinički način mjerenja mišićne snage naziva se mišićno testiranje(33) ([v. pogl. 2.2.](#)) U pozadini statičke sile je izometrijska kontrakcija, a u pozadini dinamičke sile je izotonička kontrakcija. Najveća sila u mišićima nastaje pri istezanju mišića od 20% u odnosu na fiziološku dužinu, uz ekscentričnu mišićnu kontrakciju, dok najmanja sila nastaje kod izotoničke koncentrične kontrakcije. Izometrijske vježbe snaženja ([v. pogl. 2.5.1.](#)) izvode se u najvećem postotku kao uvodne vježbe u medicinskoj rehabilitaciji jer štede funkciju zglobnih struktura te aktivacijom mišićne pumpe omogućuju dostatan krvni i limfni protok. Izvode se s pet do sedam (10) ponavljanja u seriji. Kontrakcija koja traje barem šest sekundi odvojena je od sljedeće kontrakcije stankom dvostruko duljeg trajanja. Izometrijske vježbe snaženja posebno su važne u jačanje posturalnih mišića trupa (mišići trbuha, leđa, zdjelice: engl. *core muscles*). Izotoničke vježbe koje se dijele na koncentrične i ekscentrične izotoničke vježbe također se provode s ciljem mišićnog snaženja ([v. pogl. 2.5.2.1.](#)). Fiziološka funkcija koncentričnih vježbi je akceleracija, dok je to u slučaju ekscentričnih vježbi deceleracija. Prilikom izvođenja izotoničke mišićne kontrakcije, najveći rad mišić obavlja na početku i na kraju pokreta. Izvode se u seriji od pet do sedam (10) ponavljanja. Provođenju izotoničkih vježbi snaženja prethodi određivanje maksimalne mišićne snage (opterećenje koje mišić može savladati u punom opsegu pokreta uz određeni broj kontrakcija zaredom). Najčešće primjenjivan model izotoničkih vježbi snaženja jest DeLormeov princip s progresivnim opterećenjem, tako da se počne s prvom serijom kontrakcija uz manje opterećenje koje se u svakoj idućoj seriji povećava (npr. 50%, 75%, 100% od 10 RM). Intenzitet vježbi snaženja potrebno je prilagoditi trenutnoj mišićnoj snazi koja se testira periodički jednom tjedno te vrsti i težini ozljede.

Ukoliko je intenzitet vježbanja prejak, u tkivu može doći do upale mišića, obnove ozljede ili izljeva u zglobu što bi značilo korak unatrag u zahtjevnom procesu rehabilitacije.

Ekscentrične vježbe, osim klasičnih koncentričnih vježbi koje se provode, pojačavaju mišićnu silu i samu izvedbu mišićne kontrakcije. Naime, energija pohranjena u istegnutom vezivnom tkivu unutar mišića, tetiva i istegnutih miofibrila (elastična energija istezanja, engl. *elastic strain energy*) može se osloboditi pri koncentričnoj kontrakciji koja slijedi nakon ekscentrične kontrakcije. Ekscentrična kontrakcija dovodi do većeg dobitka na snazi mišića, no s druge strane predstavlja rizik za ozljedu mišića. U pozadini adaptacije mišića na navedenu kontrakciju događa se produživanje miofibrila dodavanjem sarkomera što im omogućuje da kontrakcijom proizvode silu pri većoj dužini. Na staničnoj razini, ekscentrična mišićna kontrakcija dovodi do aktivacije gena bitnih za stanični rast te sintezu kolagena u mišićno-tetivnim jedinicama te se stoga ekscentrične vježbe ne primjenjuju samo u sportskoj medicini u poboljšanju sportske izvedbe i sprječavanju ozljeda, već i u rehabilitaciji sportskih ozljeda, najčešće ligamenata i tetiva. Uz promjenu duljine mišića i pokret izvode se i izokinetičke vježbe snaženja ([v. pogl. 2.5.2.2.](#)). Osnovna razlika izokinetičkih u odnosu na izotoničke vježbe jest promjenjivo opterećenje za vrijeme kontakcije u cijelom opsegu pokreta. Izvode se uz pomoć uređaja, izokinetičkog dinamometra (npr. *Cybox*, *Biodex*, *Technogym* i dr.)(33)

2.6.4. Vježbe izdržljivosti

Izdržljivost možemo definirati kao sposobnost podnošenja zadanog opterećenja što je moguće duže vrijeme bez značajnijeg pada radnog učinka. Glavni faktor koji ograničava i istodobno utječe na provođenje vježbi izdržljivosti je umor. Osoba je izdržljiva ukoliko se ne umara lako ili može u stanju umora nastaviti rad. Sportaši su to u stanju ako se prilagode na specifičnosti rada koji izvode. Izdržljivost ovisi o mnogim faktorima (brzina, mišićna sila, tehničke sposobnosti efikasnog izvođenja pokreta, sposobnost ekonomskog korištenja fizioloških potencijala, psihološki status dok se obavlja rad)(39).

Pojava umora i njegovo odgađanje vežu se uz sposobnost izdržljivosti već u prvim poznatim dokumentima o modernom treningu.(40) Vježbe izdržljivosti provode se kako bi se povećala lokalna, tj. izdržljivost na razini mišića i opća - kardiovaskularna izdržljivost. Povećanje iste nastaje s porastom snage mišića, energetske rezervi u mišiću i kardiovaskularnog kapaciteta. Aktivacija minimalno 1/6 ukupne mišićne mase doprinosi porastu opće kardiovaskularne izdržljivosti. Lokalna izdržljivost sposobnost je obavljanja mišićnog rada kroz određeno vrijeme. Prema prevladavajućim energetskim procesima u mišiću lokalna izdržljivost može biti aerobna i anaerobna. Povećanje obje vrste izdržljivosti, i aerobne i anaerobne važno je u prevenciji sportskih ozljeda koje nerijetko nastaju zbog umora pri kraju natjecanja.(2) Aerobne vježbe izdržljivosti mišića provode se uz malo do umjereno opterećenje i veliki broj ponavljanja, tj. intenzitet aktivnosti mišića ne prelazi gornju granicu cirkulatorne dopreme kisika. Vježbanjem se povećava stvaranje hemoproteina u mišićnim stanicama tj. mioglobina, povećava se broj i veličina mitohondrija te se potiče stvaranje kolateralnih kapilara, što sve povećava oksidativni energetski kapacitet.(2) Proizvodnja oksidativne energije primarni je način proizvodnje ATP-a tijekom odmora i za aktivnosti koje traju 2 minute ili dulje. Iako drugi oblici proizvodnje energije pomažu u proizvodnji ATP-a u bilo kojem trenutku, dugotrajnije vježbanje oslanja se na aerobni put.(41) Za izdržljivost mišića važnija je mogućnost dopreme kisika od veličine lokalno dostupnog kisika koji je vezan uz mioglobin. Anaerobne vježbe izdržljivosti mišića provode se uz veliko opterećenje - 50% maksimalne mišićne snage za statičku i više od 70-80% maksimalne mišićne snage za dinamičku aerobnu izdržljivost. Provode se tijekom 2-3 minute s ciljem iscrpljenja glikolitičkih rezervi u mišiću. Ograničavajući čimbenik je količina pohranjenih energetskih tvari (glikogena), drugim riječima količina anaerobnih energetskih izvora kao i nakupljanje produkata anaerobnog metabolizma. Provođenje anaerobnih vježbi izdržljivosti mišića je svakih nekoliko dana da bi se obnovile energetske rezerve i otplavili kiseli produkti anaerobnog metabolizma.

Primjena ovih vježbi prvenstveno je u sklopu sportske medicine. Uz izvođenje anaerobnih vježbi izdržljivosti veže se porast tzv. eksplozivne snage.(2) Eksplozivna snaga odnosi se na generiranje maksimalne sile u najkraćem vremenu.(42) Za razliku od lokalne izdržljivosti, sinonim za vježbe opće izdržljivosti su opće kondicijske vježbe. Opća aerobna izdržljivost bitna je za većinu sportova. Aktivacija veće mišićne skupine (najmanje 1/6 ukupne mišićne mase) kroz duži period aktivnostima poput trčanja, plivanja, vožnje bicikla, brzog hodanja izaziva mišićni i cirkularni stres što doprinosi kondicioniranju kardiovaskularnog sustava. Razlikujemo opću kratkotrajnu i opću dugotrajnu (kardiovaskularnu) izdržljivost. Opća kratkotrajna izdržljivost postiže se većim intenzitetom vježbi u trajanju 3-10 minuta, dok se opća dugotrajna izdržljivost postiže umjerenim intenzitetom vježbi kroz duži vremenski period (barem 20-30 minuta). Intenzitet vježbi u zdravih osoba određuje se prema maksimalnoj srčanoj frekvenciji (broj 220 umanjen za dob; engl. *HRmax*), a izražava se kao postotak. Primjerice 70% maksimalne srčane frekvencije koja se održava pri aerobnoj aktivnosti za osobu od 20 godina iznosi 140 otkucaja u minuti. Standardni raspon intenziteta aktivnosti je od 50% do 80% maksimalne srčane frekvencije, a što je srčana frekvencija niža aerobnu aktivnost treba provoditi kroz duže vrijeme. U zdravih starijih osoba smatra se općenito sigurna granica maksimalne srčane frekvencije pri aerobnoj aktivnosti od oko 130 otkucaja u minuti. Kod kardiovaskularnih pacijenata već i lagana šetnja može predstavljati aerobni trening. Kako bi se provela adekvatna rehabilitacija kardiovaskularnih pacijenata, programu vježbovne rehabilitacije prethodi testiranje ergometrijom ili telemetrijsko praćenje EKG-a i krvnog tlaka za vrijeme aerobne tjelesne aktivnosti (npr. u rehabilitaciji pacijenata nakon srčanog udara). Ishodi svih oblika vježbi izdržljivosti, posebice dugotrajnih koje doprinose kondicioniranju kardiovaskularnog sustava biti će objektivno bolji uz dobru motivaciju te dobru koordinaciju pri izvođenju pokreta.(2)

Prema studiji objavljenoj u znanstvenom časopisu *American Heart Association/American Stroke Association „Circulation“* intenzitet vježbanja dokazano je važan čimbenik koji utječe na remodeliranje srca, dovodi do poboljšanja aerobnog kapaciteta, endotelne funkcije i kvalitete života u pacijenata s postinfarktnim zatajenjem srca. Poznato je da vježbanje smanjuje simptome kroničnog zatajenja srca, stoga je bilo potrebno ispitati i odrediti koji intenzitet vježbanja daje maksimalne korisne prilagodbe. Cilj spomenute studije bio je usporediti programe treninga s umjerenim naspram visokog intenziteta vježbanja s obzirom na varijable povezane s kardiovaskularnom funkcijom i prognozom u bolesnika s postinfarktnim zatajenjem srca. Ispitanici sa stabilnim postinfarktnim zatajenjem srca bili su podvrgnuti optimalnom medicinskom liječenju te randomizirani u tri skupine. Prva skupina povodila je umjereni kontinuirani trening (70% maksimalne srčane frekvencije), druga skupina provodila je aerobni intervalni trening (95% maksimalne srčane frekvencije) tijekom 12 tjedana s ponavljanjem 3 puta tjedno. Kontrolna skupina, za razliku od prve i druge skupine primila je standardne savjete u vezi s tjelesnom aktivnošću. Kvaliteta života nakon provedenih 12 tjedana nadziranog treninga ispitanika s postinfarktnim zatajenjem srca procijenjena je pomoću MacNew skale podijeljene u tri domene: fizička ograničenja, emocionalno stanje i društvene funkcije) uz dodatak ispitivanja pet simptoma: angina/bol u prsima, otežano disanje, umor, vrtoglavica i bol u nozi. MacNew globalni rezultat za kvalitetu života u kardiovaskularnim bolestima porastao je u obje skupine s programom treninga. U kontrolnoj skupini nije došlo do promjena.(43)

2.6.5. Vježbe koordinacije i ravnoteže

Ravnoteža je kompleksna motorička sposobnost jer je u njoj integrirana psihološka, fiziološka i biomehanička komponenta. Sposobnost održavanja ravnoteže u statičkim ili dinamičkim uvjetima vrlo je značajna za uspješnu realizaciju mnogobrojnih aktivnosti u svakodnevnom životu, kao i u specifičnim zadanim ili programiranim aktivnostima.(44) Sposobnost ravnoteže nalazi se unutar strukture koordinacije. Pojedine koordinacijske sposobnosti bitne su za razvoj opće koordinacije. Spomenute koordinacijske sposobnosti su: ravnoteža, kinestetička osjetljivost, adekvatnost kretanja, brzina reakcije, orijentacija u prostoru, sinkronizacija pokreta i osjećaj za ritam.(45) Definicija koordinacije razlikuje se u brojnim izvorima stručne literature kroz povijest do današnjeg dana. McCloy navodi da je koordinacija sposobnost lakog učenja novih vještina.(46) Fleishman je tvrdio kako koordinacija predstavlja motoričku inteligenciju.(47) Još jedna definicija koordinacije iz tog razdoblja jest „korištenje mišića na takav način da oni rade zajedno, ravnomjerno i efektivno, prije nego da sprječavaju jedan drugog“. Sekulić i Metikoš 2007. istakli su da je to „sposobnost vremenski i prostorno efikasnog, te energetske racionalnog izvođenja kompleksnih motoričkih zadataka“.(48) Sposobnost ravnoteže usko je povezana sa koordinacijom i njenim strukturama; sl. 11 prikaz komponenata koordinacije.

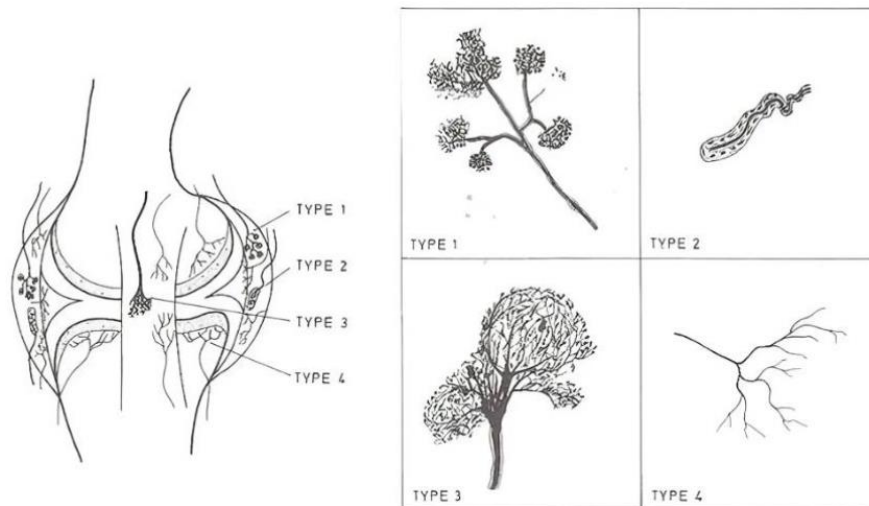


sl. 11 prikaz komponenata koordinacije (preuzeto) (45)

Vježbe koordinacije i ravnoteže provode se s ciljem poboljšanja propriocepcije, balansa i koordinacije pokreta. Vježbama koordinacije postiže se provedba ciljanog pokreta u pravo vrijeme s pravom snagom i brzinom uz najmanju moguću potrošnju energije.

Za koordinaciju pokreta od iznimne je važnosti intramuskularna i intermuskularna koordinacija. Intramuskularna koordinacija sposobnost je optimalne aktivacije raspoloživih motornih jedinica agonista (motorne jedinice unutar mišića koji izvodi pokret) na razini neuromišićnog sustava. Intermuskularna koordinacija odnosi se na istodobno optimalno aktiviranje sinergista (mišića koji potpomažu izvođenje pokreta) uz istodobnu relaksaciju ili optimalnu aktivaciju antagonista. Dakle, koordinacija je sposobnost uporabe mišića na takav način da oni rade zajedno, ravnomjerno i učinkovito. Vježbanjem se postiže povećanje koordinacije stvaranjem odgovarajućih neuralnih sklopova za specifične uzorke kretanja. Spomenuti uzorci kretanja nazivaju se dinamičko – motorički stereotipi, a označuju vremenski i prostorno identična izvođenja uvježbanog motoričkog akta u svakom njegovu ponavljanju. U početku je napor za pravilno izvođenje pokreta svjestan, a uz dovoljno dugo ponavljanje prelazi u nesvjesno, odnosno automatsko vođenje pokreta. Dokazano je kako se u premotoričkom polju kore mozga stvori određeni program koji kod svakog ponavljanja istim vremenskim i prostornim slijedom aktivira uvijek identične motoričke jedinice s istom frekvencijom impulsa. Između 50 i 100 ponavljanja istog pokreta dolazi do najvećeg porasta spretnosti, što je dostatno za uspostavu automatski vođenih pokreta. Kako bi se postigla što bolja specifična sportska koordinacija presudno je što ranije uključivanje u sportsku aktivnost, po mogućnosti još u dječjoj dobi. Uz pojam koordinacije, povezuju se pojmovi spretnosti, preciznosti, okretnosti.(33) Vježbe koordinacije nalaze primjenu u liječenju velikog broja bolesti neuromuskulatornog sustava. Istraživači sa Sveučilišta u Kairu na uzorku od četrdesetero djece s ataksičnom cerebralnom paralizom nasumično raspoređenih u kontrolnu i intervencijsku skupinu tijekom 2 mjeseca praćenja, procijenjivali su učinke programa vježbi za stabilnosti trupa na ravnotežu, koordinaciju i težinu ataksije. Kontrolna skupina bila je podvrgnuta standardnom programu fizikalne terapije tri puta, dok je intervencijska skupina prolazila osnovni program vježbi stabilnosti trupa u trajanju od 30 minuta, uz odabrani program fizikalne terapije.

Na kraju istraživanja, uočeno je statistički značajno smanjenje težine ataksije u djece, kao i poboljšana ravnoteža i koordinacija u obje skupine, s boljim učincima uočnim u intervencijskoj skupini. Zaključeno je kako osnovni program vježbi stabilnosti trupa može poboljšati ravnotežu i koordinaciju u djece s ataksičnom cerebralnom paralizom kada je uključen u standardni program fizikalne terapije.(49) Ravnoteža uključuje koordinaciju vidnih informacija, središta za ravnotežu i proprioceptivnih informacija s periferije. Ravnotežu uvjetuje održavanje težišta tijela iznad točke oslonca, tj. predstavlja suprotnost sili teži i sposobnost sprječavanja pada. Uobičajena je podjela ravnoteže prema pokretu na statičku i dinamičku te prema postojanju vizualnog podražaja na ravnotežu s otvorenim i ravnotežu sa zatvorenim očima. Propriocepcija za razliku od ravnoteže, jest osjet položaja dijelova tijela prostoru, njegova smjera i brzine kretanja. Dobra propriocepcija uvjet je za uspostavu koordinacije pokreta i ravnotežu. Propriocepciju čine proprioceptori (mehanoreceptori; Ruffinijevi završetci, Pacinijeva tjelešca i Golgiju slični završetci) koji se nalaze u ligamentima i zglobnoj čahuri; sl 12 proprioceptori u koljenu.(33)



sl.12 proprioceptori u koljenu: 1) Ruffinijevi završeci 2) Pacinijeva tjelešca 3) Golgijev tetivni organ 4) slobodni živčani završeci

(preuzeto i uređeno)(50)

Vježbe propriocepcije u sklopu rehabilitacije prvo se izvode na stabilnoj, a potom na nestabilnoj podlozi. Pomagala koja se koriste pri izvođenju mogu biti balansne platforme, različite nestabilne ploče, jastuci, lopte. Važnost proprioceptivnog treninga ne nalazi se samo u rehabilitaciji nakon ozljede (posebice ligamenata) kako bi se povratila dinamička i funkcionalna stabilnost zgloba, već i u prevenciji ozljeda(33); sl. 13 vježbe propriocepcije na nestabilnoj podlozi.



sl. 13 vježbe propriocepcije, neuromuskularne regulacije i ravnoteže na nestabilnoj podlozi u stojećem položaju bez pridržavanja na obje noge, na jednoj nozi, sa i bez gledanja (preuzeto i uređeno)(2)

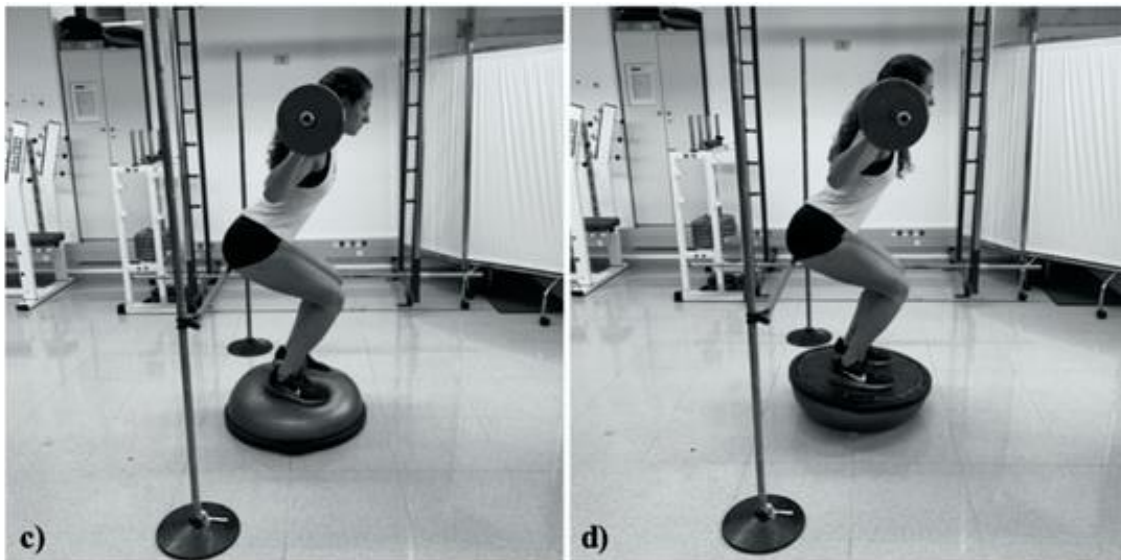
Pokret jednog zgloba u tijelu dovodi do aktivacije pokreta drugih zglobova uz postojani slijed aktivacije mišića što opisuje pojam kinetičkog lanca. Razlikujemo otvoreni i zatvoreni kinetički lanac. Ako distalni segment završava slobodno u prostoru prilikom izvođenja kretnje, riječ je o otvorenom kinetičkom lancu (npr. faza zamaha pri hodu, vježbanje sa slobodnim utezima). Kinetički lanac je zatvoren ako distalni segment tijekom izvođenja pokreta nije u kontaktu s podlogom (npr. faza oslonca pri hodu, vožnja bicikla).(33) Aktivnosti u otvorenom kinetičkom lancu svojstvene su gornjim, a u zatvorenom kinetičkom lancu donjim ekstremitetima(2).

Vježbe zatvorenog kinetičkog lanca trebaju biti implementirane u programe rehabilitacije posebice nakon ligamentnih ili tetivnih ozljeda kako bi se ponovno stekla neuromuskulturna kontrola. Važnost ovih vježbi je u postizanju dinamičke stabilnosti koljena nakon ozljede prednje ukrižene sveze jer se oštećena funkcija propriocepcije gubitkom proprioceptivnih informacija iz same sveze ponovno zadobiva u kontaktu stopala s podlogom(33); sl. 14 vježbe otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca za donji ekstremitet na različitim podlogama(51)



sl. 14 vježbe otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca za donji ekstremitet na različitim podlogama: a)vježba otvorenog kinetičkog lanca - pod b) Airex podloga c) Wobble board – klimajuća ploča za ravnotežu d) BOSU (“Both Sides Up”) lopta; rehabilitacija bočnog uganuća gležnja (preuzeto i uređeno) (51)

Vježbe propriocepcije mogu se kombinirati s vježbama snaženja u zatvorenom kinetičkom lancu (npr. čučnjevi na nestabilnoj podlozi) sl. 15 polučučanj na *BOSU* lopti(52). U trening propriocepcije ubrajaju se i vježbe repositioniranja zgloba u kojima fizioterapeut pomiče zglob u različitim ravninama, a sportaš vraća u početnu poziciju. Također tu su i vježbe destabilizacije (trening smetnji tj. preturbancije) kada fizioterapeut nastoji destabilizirati sportaša na nestabilnoj podlozi ili izravnim kontaktom ili pomicanjem platforme na kojoj sportaš stoji. Vanjska pretuberancija dovodi do refleksne reakcije i sinergijskog djelovanja skupine mišića kojima se uspostavlja stabilizacija. Navedene vježbe repositioniranja i destabilizacije uvode se tek u kasnijoj fazi procesa rehabilitacije.(33)



sl. 15 polučučanj na *BOSU* lopti – kombinacija vježbi propriocepcije i vježbi snaženja
(preuzeto i uređeno) (52)

2.6.6. Korektivne vježbe

Korektivne vježbe provode se sa svrhom popravljivanja nepravilnosti u držanju tijela te u rehabilitaciji pacijenata sa skoliozom. Prvi korak korekcije nepravilnog držanja tijela uključuje osobnu spoznaju nepravilnog držanja (pred ogledalom). Korektivne vježbe sastoje se od istezanja skraćenih mišića (najčešće prsnih mišića i fleksora trupa) i jačanje posturalne muskulature trupa. U rehabilitaciji djece sa skoliozom najučestalija je provedba posebne tehnike vježbanja po Schrothu koja se sastoji se od vježbi istezanja, derotacije trupa i vježbi disanja s ciljem vraćanja kralježnice u prirodniji položaj, tj. postiže se izduljivanje, derotacija i stabilizacija kralježnice. Glavni cilj navedene specifične metode vježbanja u rehabilitaciji djece sa skoliozom jest sprječavanje progresije skolioze.⁽²⁾ U znanstvenom časopisu *Scoliosis and Spinal Disorders*, 2017. objavljena je prospektivna kohortna studija s ciljem procjene učinkovitosti Schrothovih vježbi kod pacijenata s adolescentnom idiopatskom skoliozom (AIS) i visokorizičnom zakrivljenosti kralježnice. Poznato je da se nošenjem steznika značajno smanjuje napredovanje visokorizičnih zakrivljenosti kralježnice do praga za operaciju u pacijenata s adolescentnom idiopatskom skoliozom (AIS), ali stopa neuspjeha spomenutog liječenja ostaje visoka. Također, temeljem prethodnih istraživanja poznati su dokazi koji upućuju na to da Schrothove vježbe specifične za skoliozu mogu usporiti progresiju blage skolioze. U ovom istraživanju, pacijenti su bili podijeljeni u dvije skupine, koja je vježbala i koja nije provodila izvanbolnički Schrothov program vježbanja. Prosječno razdoblje praćenja za skupinu koja je vježbala bilo je 18 mjeseci. U skupini koja je vježbala, deformacija kralježnice poboljšala se u 17% pacijenata (poboljšanje Cobbovog kuta za $\geq 6^\circ$), pogoršala se u 21% (povećanje Cobbovog kuta za $\geq 6^\circ$) i ostala stabilna u 62%. U kontrolnoj skupini 4% se poboljšalo, 50% pogoršalo, a 46% ostalo stabilno. Rezultati ove studije pokazali su da je Schrothova vježba tijekom nošenja steznika bila bolja od samog nošenja steznika u poboljšanju Cobbovih kutova, rotacije trupa i rezultata na upitniku o kvaliteti života (*Quality Of Life - QOL* upitnik).

Također, rezultat koji podupire provedbu Schrothovih vježbi je i veća stopa poboljšanja Cobbovog kuta u pacijenata koji su se pridržavali programa vježbanja(53); sl. 16 primjeri tehnike vježbanja po Schrothu



sl. 16 primjeri tehnike vježbanja po Schrothu: b) mišićni cilindar u stojećem položaju, c) kontraktacija ramena u ležećem supinacijskom položaju, d) kontraktacija ramena u ležećem pronacijskom položaju, e) kontraktacija ramena u stojećem položaju s dva štapa, f) kontraktacija ramena u bočnom položaju

(preuzeto i uređeno) (53)

2.6.7. Rekreativne vježbe

Rekreativne vježbe odnose se na konzistentno provođenje aerobnog treninga koji uključuje brzo hodanje, trčanje, plivanje, vožnju bicikla, ples te druge različite sportove, a dovodi do kondicioniranja kardiovaskularnog sustava. Redovita aerobna tjelesna aktivnost može se provoditi i obavljanjem kućanskih poslova u kući ili vrtu i u određenim zanimanjima obavljanjem profesionalnih aktivnosti. Učinci redovite aerobne tjelesne aktivnosti očituju se unaprjeđenjem kvalitete života u svakoj životnoj dobi.(2) Istraživanje provedeno u ortopedskoj bolnici *Invalid Foundation*, Helsinki, Finska s ciljem utvrđivanja učinka potpune zamjene kuka na navike rekreativnog vježbanja rezultiralo je podacima o povećanju broja pacijenata koji su postoperativno vozili bicikl i plivali (dio onih koji su se redovito bavili hodanjem povećao se s 2 na 55%, vožnjom bicikla sa 7 na 29%, plivanjem s 13 na 30% i skijanjem s 0 na 9%). Nadalje potvrđeno je kako su vožnja bicikla i plivanje posebno vrijedni oblici tjelesnog vježbanja nakon totalne endoproteze kuka jer se smanjuje opterećenje zgloba kuka tjelesnom težinom.(54) Prema medicinskoj literaturi, redovita aerobna tjelesna aktivnost u odrasloj dobi očituje se u prevenciji i liječenju osteoporoze, očuvanju mišićne mase i snage, tj. u prevenciji i usporavanju razvoja sarkopenije, u prevenciji pada i prijeloma te u prevenciji i liječenju osteoartritisa.(2) Nedavne studije pokazuju da bi povećana rekreativna tjelesna aktivnost mogla biti važna za održavanje komponenti kognicije, uključujući pamćenje. L. T. Ptomey, A. N. Szabo i sur. proveli su u sklopu Medicinskog centra Sveučilišta u Kansasu istraživanje kako bi procijenili promjene u kognitivnoj funkciji nakon završetka 12-tjednog programa vježbanja u odraslih osoba s Downovim sindromom. Sudionici su bili raspoređeni u 30-minutnim vježbovnim grupama 2 puta tjedno tijekom 12 tjedana. Treninzi su se sastojali od aerobnih vježbi kao što su hodanje i trčanje uz glazbu, ples te vježbi zasnovanih na snazi kao što su okomiti skokovi, pregibi za biceps i čučnjevi. Kognitivna funkcija bila je mjerena na početku i na kraju studije.

Rezultati su pokazali da povećana rekreacijska tjelesna aktivnost može pozitivno utjecati na pamćenje i druge kognitivne funkcije.(55) Redovita aerobna tjelesna aktivnost osim na lokomotorni sustav ispoljava pozitivan učinak i na neurološki i kognitivni sustav, dovodeći do poboljšanja spoznajnih sposobnosti, smanjenja anksioznosti, liječenja depresije, poboljšanja sna, umanjenja rizika od pojedinih neurodegenerativnih bolesti (demencije, Alzheimerove bolesti, Parkinsonove bolesti) te autoimunih upalnih reumatskih bolesti.(2) Nadalje, redovita aerobna tjelesna aktivnost korisna je u smanjenju rizika od razvoja ateroskleroze. Mehanizmi u podlozi ovog pozitivnog učinka redovitog vježbanja su: smanjenje proupalnih citokina, suzbijanje oksidativnog stresa, poboljšanje endotelne funkcije, reguliranje funkcije makrofaga i suzbijanje stvaranja pjenastih stanica te snižavanje razine LDL-a i triglicerida.(56–61)

Učinak redovitog rekreativnog vježbanja očituje se i u očuvanju normalne tjelesne mase, manjem postotku i boljoj raspodjeli masnog tkiva u ukupnoj tjelesnoj masi. Veliku ulogu ima i u poboljšanju metaboličkog aspekta funkcioniranja organizma (smanjuje se inzulinska rezistencija, poboljšava se regulacija glukoze u krvi i lipidni profil) te u prevenciji i liječenju srčanožilnih bolesti (smanjuje se krvni tak, smanjuje rizik od srčanog i moždanog udara).(2)

Rekreacijske vježbe trebaju biti sastavni dio života pojedinca. Populacija starije životne dobi trebala bi kombinirati aerobnu tjelesnu aktivnost s dinamičkim vježbama snaženja glutealne i natkoljениčne muskulature i vježbama ravnoteže. Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) dala je preporuke za potrebno trajanje i intenzitet redovite aerobne tjelesne aktivnosti u očuvanju zdravlja za svaku dobnu skupinu (djecu i adolescente, osobe odrasle dobi i osobe starije dobi)(2), tabl.3 preporuke za redovitu aerobnu aktivnost za svaku dobnu skupinu

tabl 3. preporuke za redovitu aerobnu aktivnost za svaku dobnu skupinu (preuzeto i uređeno)

(2)

djeca i adolescenti
<p>-prosječno 60 minuta dnevno umjerene* do snažne** aerobne tjelesne aktivnosti tijekom tjedna</p> <p>-provoditi kroz igru i sportske aktivnosti</p>
odrasle osobe od 18 do 65 godina života
<p>-ukupno 150 do 300 minuta aerobne tjelesne aktivnosti tijekom tjedna umjerenog* intenziteta ili 75 do 150 minuta aerobne tjelesne aktivnosti tijekom tjedna snažnog** intenziteta</p> <ul style="list-style-type: none"> • aktivnosti različitog intenziteta smiju se kombinirati u ekvivalentnim omjerima • trajanje pojedine epizode aerobne tjelesne aktivnosti ne smije biti kraće od 10 minuta • ukupna količina treba biti raspoređena na barem dva dana u tjednu • aerobnu aktivnost treba kombinirati sa vježbama snaženja mišića najmanje dvije mišićne skupine s umjerenim do snažnim opterećenjem najmanje 2 dana u tjednu • treba ograničiti vrijeme provedeno tijekom dana u sedentarnoj aktivnosti i zamijeniti ju aktivnošću barem niske energetske potrošnje
starije osobe dobi 65+ godina života
<ul style="list-style-type: none"> • ukupno 150 minuta aerobne tjelesne aktivnosti tijekom tjedna umjerenog* intenziteta ili 75 minuta aerobne tjelesne aktivnosti tijekom tjedna snažnog** intenziteta • aktivnosti različitog intenziteta smiju se kombinirati u ekvivalentnim omjerima • ukoliko zdravlje i kondicija dozvoljavaju, trajanje se može produžiti na do 300 minuta umjerene ili 150 minuta snažne tjelesne aktivnosti tijekom tjedna • trajanje pojedine epizode aerobne tjelesne aktivnosti ne smije biti kraće od 10 minuta

- ukupna količina treba biti raspoređena na barem dva dana u tjednu
- aerobnu aktivnost treba kombinirati s vježbama snaženja mišića najmanje 2 puta tjedno
- važno je snažiti mišiće zdjeličnog obruča i nogu u svrhu očuvanja pokretljivosti i prevencije pada i prijeloma
- aerobnu aktivnost treba kombinirati s vježbama koordinacije i ravnoteže najmanje 3 puta tjedno u svrhu očuvanja pokretljivosti i prevencije pada i prijeloma
- treba ograničiti vrijeme provedeno tijekom dana u sedentarnoj aktivnosti i zamijeniti ju aktivnošću barem niske energetske potrošnje

*umjereni intenzitet – aktivnost intenziteta od 3.0 do 5.9 MET-a (1 metabolički ekvivalent označava energetske potrošnje bazalnog metabolizma), tj. aktivnost ocijenjena na vizualnoj analognoj skali (0 do 10) ocjenom 5 ili 6, odnosno aktivnost pri kojoj možemo govoriti, a ne možemo pjevati

** snažni intenzitet – aktivnost intenziteta od 6.0 i više MET-a, tj. aktivnost ocijenjena na vizualnoj analognoj skali (0 do 10) ocjenom 7 ili 8, odnosno aktivnost pri kojoj možemo izgovoriti tek nekoliko riječi bez pauze ili udaha

3. SPORTSKA MEDICINA

Prema riječima jednog od povjesničara sportske medicine, Arnolda, prvi početci sportske medicine nalaze se još u drevnoj prošlosti, iz koje se nalaze zapisi da se bolesti mogu liječiti gimnastikom, tj. pokretom.⁽³³⁾ Područje djelovanja ove medicinske specijalnosti mijenjalo se tijekom vremena i nastavlja se mijenjati jer opseg sportske medicine postaje sve jasniji kao i odvajanje od tradicionalnih medicinskih specijalnosti. Tradicionalna uloga sportske medicine započela je kao oblik brige o individualnom sportašu i timu, posebice na reprezentativnoj razini. Diljem svijeta, prve generacije liječnika sportske medicine razvile su se ili iz primarne zdravstvene zaštite ili iz ortopedske grane medicine, a sama se specijalnost zatim razvila u neovisnu razinu stručnosti i proširila se kako bi obuhvatila bavljenje nizom medicinskih problema povezanih s vježbanjem. Specijalisti sportske medicine osim primjene temeljnih vještina medicine mišićno-koštanog sustava u liječenju složenih ili kroničnih medicinskih stanja, djeluju i u širem javnozdravstvenom aspektu u promicanju zdravlja i prevenciji bolesti na populacijskoj razini što su ministarstva zdravstva brojnih država prepoznala kao jedan od ključnih razloga za priznavanje sportske medicine kao specijalnosti.⁽⁶²⁾ Sportska medicina može se podijeliti na tri dijela: preventivni, kurativni te fiziološki dio. Preventivni dio usmjeren je na trijažu, odnosno dopuštenje bavljenja sportom samo onim osobama čijem zdravlju tjelesna aktivnost neće štetiti. Prevencija ozljeđivanja u sportu također spada u navedeni dio sportske medicine te bi stoga sportski liječnik trebao djelovati zajedno s trenerom. Kurativni dio odnosi se na liječenje sportskih ozljeda, shodno tomu sportska traumatologija najatraktivnije je i nezaobilazno područje sportske medicine. Oba spomenuta dijela sportske medicine pripadaju kliničkoj medicini. U prvom se primjenjuju klinički dijagnostički postupci, a u drugom dijagnostički i terapijski klinički postupci. Treći dio obuhvaća sve djelatnosti koje su usmjerene na praćenje i kontrolu treninga, podizanje tjelesne kondicije i poboljšanje sportske izvedbe, odnosno poboljšanje sportskih rezultata.

Budući da se za taj dio sportske medicine potrebno dobro poznavanje fiziologije tjelesnog vježbanja, naziva se i fiziološki dio. U okviru trećeg dijela, djelatnosti liječnika sportske medicine su: testiranje fizioloških funkcija i biokemijske analize tjelesnih tekućina u cilju ocjene funkcionalnih sposobnosti; praćenje fizioloških funkcija u tijeku napora telemetrijskim metodama; sudjelovanje u suradnji s trenerom i psihologom u kompoziciji plana priprema i treninga te stvaranje nutritivnog plana.(33) Prema *British Journal of Sports Medicine (BJSM)* područja koja stručnjaci sportske medicine pokrivaju su: „suboptimalno zdravlje“ (problemi ozljeda povezani s vježbanjem ili prilagodba vježbanja medicinskim problemima na razini pojedinca ili populacije), „optimalno zdravlje“ (korištenje tjelovježbe za maksimiziranje dobrobiti na individualnoj razini ili na razini populacije) te „supraoptimalno zdravlje“ (upotreba znanja sportske medicine za poboljšanje performansi u atletskoj populaciji). Budući da sportska medicina nije ograničena na tjelesni sustav ili organ, postoji kao široko područje koje ima niz znanja i vještina koje nisu jedinstvene za jednu disciplinu. Discipline koje čine sportsku medicinu uključuju specijalnosti koja se odnose na mišićno-koštanu medicinu (ortopedska kirurgija, reumatologija, rehabilitacijska medicina, hitna medicina, medicina rada), primarnu zdravstvenu zaštitu, javnozdravstvenu medicinu kao i niz drugih specijalnosti uključenih u specifične probleme (npr. kardiologiju i neurologiju). Ova suvremena specijalnost pokriva i aspekte medicinske skrbi pojedinaca koji vježbaju u ekstremnim okruženjima te farmakološka i etička pitanja koja su povezana s lijekovima i doppingom u sportu. Također pruža stručnu pomoć u medicinskim potrebama pojedinaca u sportu te razmatra potrebe za vježbanjem određenih populacijskih skupina kao što su starije osobe, osobe s invaliditetom i djeca. Na temelju konceptualnog razumijevanja, *BJSM* definira sportsku medicinu kao cjelovitu zasebnu disciplinu koja se bavi: medicinskim problemima pojedinaca koji vježbaju u svim dobima i svim razinama sudjelovanja; patofiziologijom, biomehanikom i optimizacijom sportske izvedbe; primjenom tjelovježbe kao terapijskog modaliteta u liječenju i prevenciji bolesti; promicanju i prevenciji bolesti ili ozljeda na populacijskoj razini.(62)

3.1. Testiranje funkcionalnih sposobnosti sportaša

Sportska medicina, posebice fiziološki dio odnosi se na procjenu fizioloških mehanizama i sposobnosti koje su najvažnije za sportsku aktivnost u svakom pojedinom sportu. Kako bi se dostigli vrhunski rezultati u sportu, provodi se testiranje funkcionalnih sposobnosti sportaša, odnosno funkcionalna dijagnostika. Osim u oblikovanju strukture odgovarajućeg trenažnog procesa na temelju mjerenja bazičnih i specifičnih sposobnosti, funkcionalna se dijagnostika koristi i u praćenju učinaka individualiziranog treninga. Nadalje, velika važnost funkcionalne dijagnostike je i u otkrivanju rizika ozljeđivanja sportaša, pravodobne korekcije programa treninga, prevencije drugih ozljeda i sprječavanja pretreniranosti. Testovi koji se primjenjuju koncipirani su sa svrhom mjerenja određene funkcionalne sposobnosti poput aerobnog kapaciteta, anaerobnog kapaciteta i jakosti. Navedenim testovima dobiva se objektivna ocjena funkcionalnih sposobnosti sportaša, dok se temeljem izmjerenih vrijednosti izrađuje individualni program treninga kojim će se ciljano djelovati na određene sposobnosti upravo onom jačinom intenziteta koja je potrebna. Testiranje je potrebno ponavljati u pravilnim razmacima kako bi se pratio razvoj relevantne sposobnosti, drugim riječima učinak izabranog programa treninga te, ukoliko je potrebno, interveniralo u pravo vrijeme s ciljem sprječavanja nastanka ozljede.(33)

3.1.1. Funkcionalni testovi

Osnovna primjena funkcionalnih testova je u mjerenju sposobnosti koje su važne za većinu sportskih aktivnosti, dok se prilikom provedbe proces testiranja nastoji što više približiti određenom sportu. Općenito, funkcionalnu sposobnost sportaša određuje njegov energetski kapacitet, jakost mišića, koordinacija, odnosno učinkovitost i efikasnost pokreta. Kako bi se postigli vrhunski rezultati potrebna je kombinacija spomenutih sposobnosti, a odabir funkcionalno – dijagnostičkog testa sukladno zahtjevnošću specifične sportske aktivnosti. Funkcionalni testovi moraju biti izabrani u skladu s unaprijed zadanim ciljevima, moraju biti valjani i pouzdani, a njihovo izvođenje i protokol strogo kontrolirani i standardizirani. Od iznimne je važnosti precizno odrediti sposobnost upravo onih mišićnih skupina, pa čak i mišićnih vlakana, koje su angažirane u zadanoj sportskoj aktivnosti. Kvalitetnu i učinkovitu funkcionalnu dijagnostiku stoga obilježava primjena različitih ergometara specifičnih za sport i mnogobrojnih testova u kojima se sportaša postavlja u situacijske uvjete(33)



sl. 17 veslač izvodi izometričku kontrakciju na veslačkom ergometru – položaj tijela relativno uspravan s koljenima savijenim do 100° uz pridržavanje za ručku veslačkog ergometra, postavljen podesivi najlonski remen omogućuje izometrijsku kontrakciju (preuzeto i uređeno)

(63)

3.2. Energijski kapacitet

Mišićna stanica za svoju aktivnost zahtjeva kontinuiranu opskrbljenost energijom. Jedini izravan izvor energije u stanici jest ATP – adenzin-trifosfat, dok je funkcija svih metaboličkih procesa u stanici obnova istog. Energija se osigurava anaerobnih i aerobnim energijskim metaboličkim procesima. Fizička aktivnost predstavlja znatan izazov bioenergetskim procesima jer za vrijeme intenzivnih opterećenja ukupna energetska potrošnja naraste u odnosu na potrošnju energiju u mirovanju i do 20 i više puta. Proizvodnja energije u mišićima ovisi i trajanju i intenzitetu tjelesne aktivnosti. Kratkotrajna intenzivna aktivnost zahtjeva energiju ponajprije iz anaerobnih izvora. Trajanje spomenute aktivnosti varijabla je o kojoj ovisi hoće li prevladati sustav ATP- KP (adenozin trifosfat – kreatin-fosfat) ili glikoliza. Za aktivnosti trajanja do 10 sekundi dostatna je energija iz zaliha ATP-a i KP-a u mišićnim stanicama.

Ukoliko aktivnost traje dulje od 45 sekundi primjenjuje se kombinacija svih energetskih procesa. Prelazak s jednog energetskog sustava u stanici na drugi je postupan. Prema literaturi, aktivnosti koje traju oko minute iskorištavaju 70% anaerobnih izvora energije i oko 30% aerobnih, dok u aktivnosti koje traju oko dvije minute anaerobni i aerobni procesi jednako su zastupljeni. Energija za sve aktivnosti dulje od 3 minute, primarno se dobiva iz aerobnih izvora.(33)

3.3. Aerobni kapacitet

Parametri za procjenu aerobnoga energetskog kapaciteta su maksimalni primitak kisika ($VO_2 \text{ max}$), aerobni prag (AeP), anaerobni prag (AnP), ekonomičnost (E) i efikasnost.(64) Maksimalni primitak kisika može se mjeriti izravno ili izračunati putem određenih fizioloških pokazatelja, među kojima se najčešće koristi frekvencija srca. Ventilacijska metoda strategija je za izravno mjerenje aerobnog kapaciteta, a provodi se najčešće na pokretnoj traci jer je tako angažirana najveća količina mišićne mase. Princip izravnog mjerenja baziran je na bilježenju minutnog volumena disanja i koncentracije respiracijskih plinova u izdahnutom zraku za vrijeme progresivnog opterećenja. Testiranje se može provoditi i na bicikl-ergometru ili na ergometru za drugu vrstu sporta, sl. 17. Izravno mjerenje maksimalnog primitka kisika moguće je i na terenu primjenom specifičnih mjernih instrumenata. *British Journal of Sports Medicine (BJSM)* 1985. objavio je rad o predvidljivosti maksimalnog unosa kisika ($VO_2 \text{ max}$) korištenjem progresivnih i stacionarnih protokola testiranja za bicikl-ergometriju i koračanje na klupi (*bench stepping*). Ispitanici su bili 12 zdravih muškaraca, 23-58 godina. Predviđanje $VO_2 \text{ max}$ provedeno je ekstrapolacijom otkucaja srca i unosa O_2 pri nekoliko sub-maksimalnih opterećenja korištenjem regresijske tehnike. Četiri sub-maksimalna postupka procijenila su izmjereni $VO_2 \text{ max}$ između 0,13-0,55 L/min. Rezultati su pokazali da se za skupinu muških ispitanika $VO_2 \text{ max}$ može predvidjeti pomoću progresivnog protokola testiranja na bicikl-ergometru ili klupi za koračanje (*bench stepping*). (65)

Pojedina istraživanja ukazuju da postoji značajni dokazi genetske uvjetovanosti, odnosno naslijeđa varijanti u ključnim fiziološkim putovima koje su povezane s povećanjem VO_2 max unutar određene osobe.(66,67) Sportovi poput maratonskog trčanja ovise o velikom aerobnom kapacitetu. Prema istraživanju B. Sjödina i J. Svedenhaga prominentne varijacije u maksimalnom unosu kisika (VO_2 max) primijećene su među trkačima sa sličnim kapacitetom izvedbe, što je ukazivalo da su neki drugi komplementarni čimbenici važni za izvedbu. Trošak kisika za trčanje ili ekonomičnost trčanja (izražena npr. kao VO_2 15 pri 15 km/h), kao i frakcijska iskorištenost VO_2 max pri tempu maratonske utrke zabilježeni su kao dodatni faktori za koje se zna da utječu na kapacitet izvedbe. Uočeno je da je glavni ograničavajući čimbenik za izvedbu maratona vjerojatno izbor energije za mišiće koji vježbaju, a taj je faktor povezan s frakcijskom iskorištenosti VO_2 max. Trkači maratona, u usporedbi s normalnim pojedincima, imaju višu stopu izmjene u metabolizmu masti pri danom visokom intenzitetu vježbanja. Odabir masti za oksidaciju u mišićima važan je jer su zalihe najučinkovitijeg goriva, ugljikohidrata, ograničene. Velika količina treninga izdržljivosti koju izvode maratonci vjerojatno je odgovorna za slične metaboličke prilagodbe, koje pridonose odgođenom početku umora i podižu frakcijsku iskorištenost VO_2 max. U istraživanju je zaključeno da vjerojatno postoji gornja granica u kilometraži treninga iznad koje nema poboljšanja u frakcijskoj utilizaciji VO_2 max u tempu maratonskog trčanja. S druge strane, utjecaj treninga na VO_2 max na ekonomičnost trčanja, u određenoj mjeri, ograničen je genetskim čimbenicima.(68) Maksimalni primitak kisika može se odrediti i neizravno, primjenom najpoznatijeg Astrandovog testa. Test se izvodi na biciklu s kontinuiranim opterećenjem koje se odredi tako da uvjetuje porast frekvencije ispitanika u rasponu od 120 do 170 otkucaja u minuti. Frekvencija srca, uz intenzitet opterećenja, iz 5., tj. posljednje minute testa upotrebljava se za procjenu VO_2 max. Mjerenje maksimalnog primitka kisika glasilo je kao glavni prediktor uspjeha u sportovima izdržljivosti kao što je maratonsko trčanje, no danas je poznato da postoje brojni drugi čimbenici kojima se predviđa uspjeh sportaša(33).

Studija D. Väisänen i sur. ukazuje na parametre dobi i spola u odabiru testa za procjenu VO_2 max pri čemu su bili korišteni Ekblom-Bak test (EB-test) i Astrandov test (A-test) za stariju populaciju. Zaključeno je da je submaksimalni EB-test vrijedio za procjenu VO_2 max kod starijih žena, ali ne i kod svih starijih muškaraca. A-test nije valjan za procjenu VO_2 max kod starijih osoba.(69)

3.4. Anaerobni kapacitet

Testiranje anaerobnih sposobnosti zahtjevnije je od procjene maksimalnog primitka kisika te ga je potrebno provoditi u suradnji s trenerom ili sportašem kako bi prikupilo najviše podataka relevantnih za određeni sport. Nadalje, pri testiranju ključno je angažirati mišićne skupine koje su aktivne i u sportskoj disciplini. Postoje specifični testovi za sportove poput košarke, odbojke, tenisa, plivanja koji traju ovisno o energetske zahtjevima sporta te se koriste za mjerenje snage. Osim snage, varijablu koja je osnova za izračunavanje anaerobnog kapaciteta može činiti vrijeme ili udaljenost(33). Napredak sportsko-dijagnostičke tehnologije omogućio je lakše, povoljnije i preciznije laboratorijsko i terensko mjerenje kako aerobnih, tako i anaerobnih energetske kapaciteta odgovornih za energetske opskrbu organizma za vrijeme sportske aktivnosti. Kada se govori o anaerobnom pragu procijenjenom temeljem laboratorijskog mjerenja na pokretnoj traci, jedan od najčešće praćenih parametara jest brzina trčanja na razini praga. Brzina pri anaerobnom pragu izravno je proporcionalna maksimalnom primitku kisika te predstavlja dobar prediktor razine treniranosti aerobnog kapaciteta. Primjerice, u vrhunskih nogometaša iznosi oko 15 km/h, a u vrhunskih maratonaca i preko 20 km/h. (70–72) Anaerobni prag se dostiže pri intenzitetu od oko 80-90% VO_2 max (u ne-sportaša pri 65 - 70% VO_2 max, a u treniranih osoba čak i pri 95% VO_2 max, ovisno o trenažnom ciklusu - pripremnom, prednatjecateljskom ili natjecateljskom), uz koncentraciju mliječne kiseline u krvi od oko 3-5 mmola/L.(73)

Općenito gledajući, testovi anaerobnog kapaciteta mogu se podijeliti u dvije skupine: ultrakratki testovi koji se koriste za određivanje kapaciteta ATP-KP sustava te kratki testovi predviđeni za definiranje maksimalnog glikolitičkog kapaciteta(33). Poznata je činjenica da je za potrošnju ukupnog anaerobnog glikolitičkog kapaciteta potrebna maksimalna tjelesna aktivnost u trajanju 40 - 60 sekundi. Stoga se značaj anaerobnog glikolitičkog sustava očituje pri aktivnostima trajanja od nekoliko sekundi do 1 - 2 min, ali i pri intervalnim aktivnostima / treninzima dužeg trajanja. Kod sportaša, dobar anaerobni laktatni kapacitet znači veću sposobnost i toleranciju na povišenu koncentraciju laktata u krvi ([v. pogl. 3.6.](#)), te brži oporavak kod produženih i ponavljajućih brzih sportskih izvedbi.(64) Od ultrakratkih testova najpoznatiji je Margaria-Kalamenov test snage koji se provodi na način da se ispitanik treba što brže uspeti na devet stuba (stajući na svaku treću), a u konačnici pomoću izmjenog vremena, mase ispitanika i uspona (1,5 m) izračunava se snaga. Potreban je oprez kod tumačenja rezultata ovog testa jer npr. sportaš s većom masom generirat će veću snage i u istom vremenu svladati uspon kao drugi sportaš manje mase koji može biti uspješniji u aktivnostima gdje se savladava vlastita masa tijela. Ostali ultrakratki testovi su: Sargentov (skok uvis s mjesta), *ergo-jump* testovi (Bosco), sprint 20 ili 40 m. Kod skoka uvis može se izračunati snaga, za što se u praksi koristi matematička formula (snaga (W) = 61,9 (visina skoka u cm) + 36 (masa tijela u kg) + 1,822). U *Journal of Strength and Conditioning Research (JSCR)*, 2009. publicirana je studija s ciljem kreiranja sustava klasifikacije za vršnu anaerobnu snagu i anaerobni kapacitet za muškarce i žene sportske populacije fakultetske dobi. Sustav klasifikacije olakšao bi tumačenja rezultata testova anaerobnog kapaciteta. Test koji se koristio bio je kratki Wingate anaerobni test (*WanT*) za mjerenje mišićne snage i anaerobnog kapaciteta u vremenskom razdoblju od 30 sekundi.(74) Kratki testovi za procjenu anaerobnog kapaciteta, među kojima je najpoznatiji Wingateov test, izvode se na bicikl-ergometru u trajanju od 30 sekundi uz maksimalno opterećenje. Protokol testa nalaže početak prvo zagrijavanjem na bicikl-ergometru u trajanju 2-4 minute dok se frekvencija srca ne podigne do 150 ili 160 otkucaja u minuti.

Nakon toga slijedi odmor 3-5 minuta, poslije kojeg započinje testiranje tako da ispitanik počne voziti bicikl-ergometar bez opterećenja sa što većim brojem okretaja. Pri postizanju maksimalnog broja okretaja, ispitivač namješta silu otpora na unaprijed određenu vrijednost (prema veličini mase tijela). Utvrđena snaga bilježi se u intervalima od pet sekundi. Najviša utvrđena snaga u prvih nekoliko sekundi mjera je fosfagenog kapaciteta, a pad snage tijekom testa ocjenjuje anaerobnu izdržljivost(33).

3.5. Jakost

Jakost se tumači kao maksimalna svjesna aktualna sila pokreta ili najveća sila nekog pokreta koja se u određenom trenutku može svjesno proizvesti. Izražava se u njutnima (N). Pojedine kineziološke aktivnosti ne ističu jakost samog pokreta, već odnos prema tjelesnoj masi - pokretanje mase tijela protiv gravitacije što označava relativnu jakost (N/kg). Primjeri sportova u kojima je bitna relativna jakost jesu gimnastika, skokovi i preskoci. Snaga, s druge strane, jest rad izvršen u jedinici vremena i izražava se u vatima (W). Utvrđivanje jakosti i snage u sportu provodi se iz četiri osnovna razloga: praćenje trenažnog procesa; utvrđivanje dinamičnog profila sportaša i agilnosti kako bi se otkrila neravnoteža između mišićnih skupina; utvrđivanje jakosti i snage za izvođenje određene sportske aktivnosti; praćenje rehabilitacije nakon ozljede. Jakost i snaga mogu se mjeriti raznovrsnim metodama kao što su: dizanje utega, kada se primjenjuje 1 *RM* što predstavlja mjeru jakosti koncentrične kontrakcije; izometričko testiranje kojim se mjeri maksimalna sila koja nastaje kao rezultat maksimalne voljne izometričke kontrakcije mišića; izokinetičko testiranje koje se odnosi na mjerenje jakosti pri koncentričnoj ili ekscentričnoj kontrakciji uz unaprijed odabranu konstantnu brzinu kontrakcije. Izometričko i izokinetičko mjerenje jakosti i snage provodi se uz pomoć dinamometara.(33)

3.6. Laktatna dijagnostika

Laktati su termin koji se često koristi u znanstvenoj i stručnoj sportskoj literaturi. Brojni dobitnici Nobelove nagrade svojim radom pridonijeli su razumijevanju uloge laktata u organizmu te interpretaciji laktatnog praga, laktatne krivulje ili značenja maksimalnih laktata u krvi. Dobitnik Nobelove nagrade O. Meyerhof napisao je da je glikogen preduvjet za nastanak laktata, a A. V. Hill i Lupton opisali su pojam „duga kisika“ i povezali ga s proizvodnjom laktata u anaerobnom metabolizmu. Iznimno važan doprinos fiziologiji sporta i sportskoj medicini dao je dr. George Brooks, znanstvenik sa Sveučilišta Berkeley koji je dokazao spoznaju da laktati nisu otpadni proizvod, već važan izvor energije za neke stanice te prekursor glukoneogeneze, tj. procesa stvaranja nove glukoze.(33) Svi energetske procesi unutar mišićne stanice usmjereni su na održavanje visoke koncentracije adenozintrifosfata (ATP) u mišićima koji uz kreatin-kinazu (CP) i mišićni glikogen čini spojeve koji oslobađaju energiju unutar mišića. Ostali izvori energije u mišiću – masti i dodatni šećeri te kisik koji je potreban za njihovu oksidaciju, dopremaju se u mišić tijekom tjelesne aktivnosti. Ukupna količina ATP-a u mišićima dovoljna je za 1-2 sekunde mišićne kontrakcije visokog intenziteta. Kad je potrošen, brzo se resintetizira pomoću energije koju dobiva od CP-a. Pri aktivnosti najvećeg intenziteta u trajanju 10-ak sekundi energiju daje CP. Nakon iscrpljenja kreatin-fosfata energija za ponovno stvaranje ATP-a dobiva se anaerobnom glikolizom. Anaerobna glikoliza naziv je za veliki broj kemijskih reakcija pri kojima iz skladištenog glikogena, putem mnogobrojnih međuprodukata, nastanu dva konačna produkta: pirogroždane kiseline i ioni vodika. Iz pirogroždane kiseline uz enzim laktat dehidrogenazu nastaje laktat pod uvjetom da je intenzitet aktivnost iznad anaerobnog praga. U jako dobro utreniranih pojedinaca, za vrijeme aktivacije anaerobne glikolize, proizvodnja laktata znatno nadilazi njihovo stvaranje. Detaljnim proćavanjem fiziološke uloge anaerobne glikolize utvrđeno je da stvaranje laktata omogućuje organizmu da rad velikog intenziteta obavlja u razmjerno dugom vremenu.

Pri aktivnostima nižeg intenziteta organizam „uključuje“ aerobne načine dobivanja energije iz masti i ugljikohidrata u mitohondrijima, a ako se stvori neznatna količina laktata, ukloni se puferskim sustavima i cirkulacijom. Koncentracija laktata u krvi pri nižem intenzitetu je uglavnom konstantna, a glavni izvor energije ATP u mišićima obnavlja se dominantno aerobno. Povećanje intenziteta aktivnosti dovodi do preklapanja aerobne i anaerobne proizvodnje energije. Intenzitet aktivnosti može porasti toliko da zbog nagomilavanja laktata organizam ih više ne može ukloniti ni puferskim mehanizmima niti cirkulacijom. Brzina nagomilavanja laktata ovisiti će o aerobnim kapacitetima koji će oksidirati laktate, o sposobnostima neaktivnih mišića da oksidiraju dio laktata te o intenzitetu aktivnosti. Porast laktata u krvi koji prati porast vodikovih iona i pad pH-a u aktivnom mišiću na 6,5 dovodi do inhibicije enzima i u aerobnom i u anaerobnom načinu dobivanja energije te posljedično prestanka rada ili znatnog smanjenja intenziteta rada. Na koncentraciju laktata u krvi može se utjecati na dva načina: smanjenjem proizvodnje laktata za vrijeme aktivnosti te poboljšanjem uklanjanja laktata. Način smanjenja stvaranja laktata u anaerobnom glikolitičkom sustavu odnosi se na povećanje udjela aerobnog mehanizma stvaranja energije koji ne proizvodi laktate. Navedena promjena u metabolizmu stvaranja energije postiže se adaptacijom organizma u trenažnom procesu. Poboljšanje učinkovitosti aerobnog metabolizma može se postići: povećanjem broja kapilara oko mišićnih vlakana; povećanjem broja mitohondrija u mišićnim stanicama, koje se može ostvariti do 60% uz trening izdržljivosti ([v. pogl. 2.6.4.](#)); povećanjem sposobnosti transportnog sustava za kisik; povećanjem aktivnosti enzima koji sudjeluju u aerobnom metabolizmu; poboljšanjem tehnike izvođenja nekog elementa kako bi se aktivirale samo najpotrebnije motoričke jedinice i njihova vlakna.(33) Drugi način kojim se utječe na koncentraciju laktata u krvi jest uklanjanje laktata koje se odvija dvama različitim mehanizmima.

Poboljšano uklanjanje laktata može biti putem cirkulacije: povećanjem udarnog i minutnog volumena srca; povećanjem broja kapilara oko mišićnog vlakna; povećanjem izravnih spojnica krvnih žila; boljom razgradnjom, tj. boljim pretvaranjem laktata u glukozu u jetri i povećanjem koncentracije enzima u stanicama srca, mozga i bubrega. Uklanjanje laktata može biti posredovano i neaktivnim mišićnim vlaknima. Neaktivna vlakna za vrijeme određene aktivnosti imaju manju koncentraciju laktata. Zbog gradijenta koncentracije, laktati brzo difundiraju iz aktivnih u neaktivna mišićna vlakna. Unaprjeđenjem tehnike izvođenja što se postiže kontinuiranim radom, može se promijeniti omjer aktivnih i neaktivnih mišićnih vlakana tako da se poboljšanom tehnikom upotrebljava manje mišićnih vlakana. Zaključno, na raspolaganju će biti više neaktivnih mišićnih vlakana koja će na sebe navlačiti laktate iz aktivnih mišićnih vlakana i oksidirati ih. (33,75) Tijekom aktivnosti dio laktata difundira iz mišića u krv što omogućuje praćenje laktata u krvi. Naime, definiran je poseban protokol za svaki sport kako se izravno iz krvi može odrediti koncentracija laktata. Nije utvrđene razlike u uzorku ovisno o mjestu uzimanja krvi. Uzorak krvi unosi na analizu u uređaj za određivanje koncentracije laktata - laktatomjer. Fotometrijski laktatomjer jednostavan je uređaj, malih dimenzija te mjerenje može provesti sam sportaš. Maglischo je na primjeru plivanja opisao protokol prema kome se uzorci krvi uzimaju nakon rasplivavanja, početka prvog plivanja na 300 m i u pauzama nakon svakih 300 m. Nakon zadnjeg ponavljanja, uzorci krvi uzimaju se u 1., 3., 5., 7. i 9. minuti oporavka kako bi se potvrdilo da je u krvi zaista izmjerena maksimalna koncentracija laktata. (33,76) Laktatna dijagnostika najviše se primjenjuje u sportovima poput plivanja, veslanja i atletike u kojima funkcionalne sposobnosti organizma u većem postotku utječu na uspješnost sportaša. U ostalim sportovima, npr. timskim, osim funkcionalne sposobnosti na uspjeh utječu i tehnika i taktika, no određivanje koncentracije laktata i tu nalazi primjenu tijekom razdoblja bazične pripreme te kao provjera uspješnosti ciklusa treninga izdržljivosti.(33)

3.6.1 Anaerobni prag

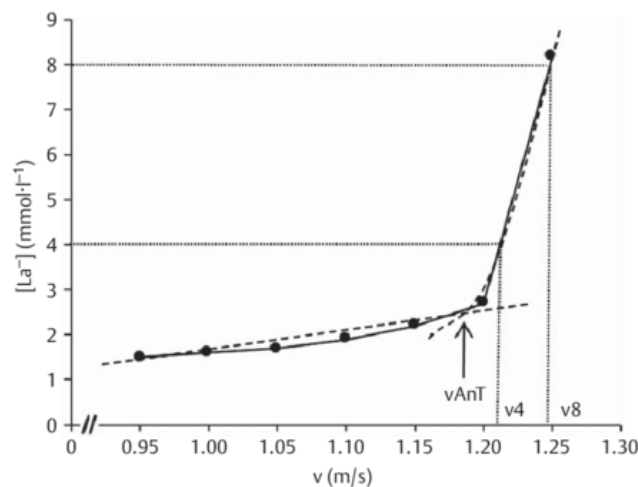
Anaerobni prag ili maksimalno laktatno stabilno stanje (MLSS) ili anaerobni prag definiran je intenzitetom rada pri kojem je još uvijek moguće postići stabilno stanje VO_2 i mliječne kiseline u krvi, tj. može se uspostaviti ravnoteža između procesa akumulacije i razgradnje mliječne kiseline.(77) Različiti nazivi za anaerobni prag su osim maksimalnog laktatnog stabilnog stanja (MLSS) i laktatni prag, aerobni prag, *OBLA (onset of blood lactate accumulation)* te ventilacijski prag (ako je određen postupkom spiroergometrije). Anaerobni prag dostiže pri intenzitetu od oko 80 - 90% VO_2 max ([v. pogl. 3. 4.](#)). Intenzitet pri aerobnom i anaerobnom pragu izražava se brzinom trčanja (pokretna traka - km/h, tempo po km i sl.), snagom (bicikl-ergometar – Watt, kpm/min ili km/h; veslački ergometar - Watt, ili tempo na 500 m), a može se izraziti i kao vrijednost u % dostignute vrijednosti maksimalnog primitka kisika (% VO_2 max) ili kao vrijednost u % maksimalne dostignute brzine u testu (% V max) ili maksimalnog intenziteta (% P max) Jedan od najčešće korištenih parametara pri procjeni anaerobnog praga u sportskoj medicini i laboratorijskoj dijagnostici je brzina trčanja na razini praga. Brzina pri anaerobnom pragu izravno je proporcionalna maksimalnom primitku kisika ([v. pogl. 3. 4.](#)).(64) Normalne koncentracije laktata u krvi u mirovanju kod većine ljudi pokazuju vrijednost između 0,6 i 2,0 mmol/L. Nije uočena bitna razlika između trenirane i netrenirane osobe u koncentraciji laktata u krvi u mirovanju. Stanice poput eritrocita ovise energijski o anaerobnoj glikolizi te pridonose stalnom stvaranju laktata. Znanstvenici na području medicine i fiziologije sporta uočili su da većina ljudi, oko 60% može održavati intenzitet aktivnosti pri kojem koncentracija laktata ne prelazi 4,0 mmol/L dulji vremenski period (20-ak i više minuta), dok je pri većim koncentracijama potrebno usporiti aktivnost ili prestati s aktivnosti. Maksimalna koncentracija laktata u krvi koja se može održavati dulje vrijeme naziva se i *maximal lactate steady state – MAXLASS*. U istraživanju Madera i sur. 1976. godine sugerirana je uporaba vrijednosti od 4 mmol/L krvi kao vrijednosti *MAXLESS*-a, tj. uporaba pojma anaerobni prag intenziteta pri toj koncentraciji laktata.(78)

Određena vrijednost anaerobnog praga nalazi važnu primjenu u sportskoj medicini kao polazna točka pri programiranju i kontroli treninga. Pri daljnjem i najmanjem povećanju opsega, jačine, odnosno intenziteta aktivnosti dolazi do znatnog povećanja laktata u krvi što rezultira neugodnim osjećajem, umorom, bolom ili potpunim iscrpljenjem organizma. Intenzitet anaerobnog praga ovisi o fiziološkim sposobnostima, ali i o psihičkoj spremnosti (bolni podražaj zbog visoke prisutnosti vodikovih iona). Iznimno visoke vrijednosti laktata izmjerene su u sportaša, čak do 28 mmol/L na svjetskom veslačkom prvenstvu 1987. U sportašica su vrijednosti rijetko iznad 20 mmol/L. Biološki nezreli sportaši imaju većinom niže vrijednosti laktata u krvi što su pojedina znanstvena istraživanja objasnila većim oksidativnim kapacitetom za masti prije sazrijevanja.(33)

3.6.2. Laktatna krivulja

Točka laktatne infleksije intenzitet je vježbanja pri kojem koncentracija laktata u krvi počinje brzo rasti.(79) Često se izražava kao 85% maksimalnog broja otkucaja srca ili 75% maksimalnog unosa kisika. Vježbanjem na ili ispod laktatnog praga, sav laktat koji proizvedu mišići uklanja tijelo bez nakupljanja.(80) Aerobni prag ponekad se definira ekvivalentno laktatnom pragu, kao intenzitet vježbanja pri kojem koncentracije laktata u krvi rastu iznad razina u mirovanju.(81) Nasuprot tome, na anaerobnom pragu vježbanje je intenzitetom iznad kojeg je koncentracija laktata u krvi linearno povezana s intenzitetom vježbanja, ali raste s intenzitetom i trajanjem vježbanja.(80) ([v. pogl. 3. 6., 3. 6. 1.](#)) Laktatna krivulja predstavlja vrijednosti dobivene protokolom određivanja laktata u krvi. Jednostavno rečeno, laktatna krivulja prikazuje gdje je prag ili kolikom brzinom ili intenzitetom sportaš može izdržati napor bez nakupljanja laktata. Služi kao dobra procjena sposobnosti aerobnog sustava te indikacija utrenirane sposobnosti anaerobnog sustava. Krivulja se unosi u koordinatni sustav u kojem se na apscisi najčešće nalazi brzina kretanja sportaša (m/s), a na ordinati vrijednosti laktata (mmol/L); sl. 18. primjer krivulje koncentracije laktata u krvi prema brzini(82).

Na osnovi položaja i nagiba krivulje određuju se, pored aerobne i anaerobne sposobnosti i zone intenziteta pri planiranju i programiranju treninga te učinci trenažnog procesa. Na krivulji je najvažnije odrediti točku anaerobnog praga, tj. pripadajuću brzinu kretanja sportaša pri vrijednosti laktata od 4 mmol/L. Ovisno o pomaku laktatne krivulje prema nižim ili višim vrijednostima brzine, objektivno se zamjećuju transformacijski učinci trenažnog procesa. Uobičajno je da se nakon kvalitetnog trenažnog procesa cijela krivulja pomiče udesno, tj. prag dolazi na više vrijednosti intenziteta. (33)



sl. 18 primjer krivulje koncentracije laktata u krvi prema brzini za individualnu procjenu anaerobnog praga (preuzeto i uređeno) (82)

3.7. Fiziološke adaptacije na sportski trening

Brojna istraživanja provedena su sa svrhom procjene jesu li adaptacijske promjene i poboljšanje funkcionalnih sposobnosti prije zrelosti nastali pod utjecajem treninga ili su dio prirodnog procesa rasta i razvoja dječjeg organizma. Utvrđeno je kako u djece trening izdržljivosti uzrokuje smanjenje frekvencije srca i povećanje udarnog volumena pri submaksimalnim opterećenjima, dok minutni volumen srca ostaje nepromijenjen. Maksimalni minutni volumen srca raste u djece kao posljedica treninga, proporcionalno promjeni maksimalnog primitka kisika.

Također, sukladno adaptacijskom mehanizmu, u djece koja se bave sprinterskim trčanjem uočene su povišene vrijednosti hemoglobina te volumena plazme i krvi. Proučavanjem utjecaja treninga na respiratorni sustav, zaključeno je da se pri submaksimalnim opterećenjima smanjuju vrijednosti frekvencije disanja i minutnog volumena disanja, a maksimalne vrijednosti minutne ventilacije i dišnog volumena rastu, kao i učinkovitost disanja. Istraživanja vezana uz aerobni kapacitet potvrdila su da se aerobni kapacitet u djece u pubertetu i nakon njega mijenja jednako kao u odraslih pod utjecajem treninga. Prema rezultatima sveobuhvatnih longitudinalnih istraživanja, Kobayashi je zaključio da je prilagodba aerobnog kapaciteta na sportski trening mala sve dok djeca ne prijeđu dob najvećeg rasta u visinu (*peak height velocity* – PHV). (33,83,84) Određeni treninzi koji uključuju vježbe snage, a provode se prije desete godine života, služe samo kao pomoćne metode u treningu koordinacije. Pritom je bitno naglasiti da opterećenja ne smiju biti velika jer vježbe s utezima u ranom djetinjstvu mogu izazvati kronična oštećenja mišićno-koštanog sustava. Primjereni trening jakosti u djece koji je uz to sigurnosno kreiran dovodi do pozitivnih utjecaja na zdravlje. Osim što je detaljno istraživao utjecaj treninga na fiziološke adaptacije u djece, proučavani su i genetski čimbenici koji su povezani s distribucijom sporih i brzih mišićnih vlakana. Rezultati različitih studija pokazali su da trening ne djeluje na raspodjelu sporih i brzih mišićnih vlakana, već da se pod utjecajem treninga i vrste trenažnog procesa mijenja metabolički kapacitet i ultrastruktura mišićne stanice što doprinosi povećanju površine mišića. Fournier je u provedenom istraživanju pokazao da je u dječaka pod utjecajem treninga izdržljivosti došlo do hipertrofije brzih i sporih mišićnih vlakana, s time da pod utjecajem treninga sprinta nije bilo promjene debljine mišićnih vlakana, dok je u oba slučaja distribucija mišićnih vlakana ostala jednaka. Između ostalog, pod utjecajem treninga zabilježene su promjene u enzimskoj aktivnosti. (33,85,86)

3.8. Vrste treninga u sportskoj medicini

Sportski treneri trebali bi uz pomoć liječnika sportske medicine kreirati trenažni proces kojim će se uz maksimalnu moguću pripremu u svrhu postizanja vrhunskih rezultata u sportu sačuvati što je više moguće zdravlje sportaša s naglaskom na primarnoj prevenciji svih mogućih ozljeda i oštećenja. Trenažni proces može se planirati i programirati na razne načine uključujući i kombinaciju vježbanja s velikim i malim opterećenjima te opterećenjima koji se smatraju optimalnim za povećanje mišićne mase. Osim što se za vrijeme jednog treninga može izvoditi kombinacija vježbanja s različitim opterećenjima, moguće je kombinirati različite vrste treniranja i po principu periodizacije koji se odnosi na razdoblje između početka i završetka sezone natjecanja. Npr. nogometna periodizacija označava kalendar početka i završetka sezone, a ovisno o postojanju jednog ili dva vrha sportske forme može biti jednociklusna ili dvociklusna periodizacija.(42) Kod izrade plana i programa potrebno je definirati objektivno ostvarive globalne i parcijalne ciljeve, imajući u vidu stvarne potrebe sporta i pokazatelje treniranosti sportaša na temelju provedenog dijagnostičkog postupka. Programiranje sportskog treninga prema D. Milanoviću jest skup upravljačkih akcija koje se provode trenutačno i u vremenu, a kojima se jasno određuju sadržaji, opterećenja i metode sportske pripreme, što podrazumijeva izbor, doziranje i distribuciju operatora treninga, natjecanja i oporavka u definiranim ciklusima sportske pripreme.(42) Istaknute vrste treninga koje osim primjene u sportskoj, nalaze i u fizikalnoj i rehabilitacijskoj medicini su: funkcionalni trening, pliometrijski trening, kompleksni trening, kružni trening te intervalni trening visokog intenziteta(33).

3.8.1. Funkcionalni trening

Koncept treninga kojim se utječe na simultani razvoj što većeg broja motoričkih i funkcionalnih sposobnosti aktivacijom kretnji u više zglobova istovremeno naziva se funkcionalni trening. U funkcionalnom treningu izabiru se kretnje specifične za pojedini sport. Važnost funkcionalnog treninga je u utjecaju na razvoj motoričkih sposobnosti (snage, koordinacije, ravnoteže, mišićne izdržljivosti, brzine, fleksibilnosti), djelotvornost energetske sustava (fosfatni, glikolitički, aerobni), smanjenje postotka masnog tkiva (potkožnog i visceralnog) i povećanje mišićne mase. Naviše, ovom vrstom treninga poboljšava se specifična sportska aktivnost.(33) J. M. McDougale i sur. objavili su 2023. strukturirani pregled radova koji se odnose na akutni fiziološki odgovor na vježbu temeljenu na funkcionalnom treningu visokog intenziteta (*high-intensity functional training* – HIFT). Markeri intenziteta kao što su koncentracija laktata u krvi i broj otkucaja srca najdosljednije su procijenjeni u svim studijama te su podržavali koncept izvođenja *HIFT* treninga visokim intenzitetom. Nasuprot tome, većina drugih mjera poput hormonalnih, markera upale i oštećenja i potrošnje energije bilo je nedosljedno te je ograničilo mogućnost donošenja generaliziranih zaključaka o akutnom fiziološkom odgovoru.(87) Nedavno su Ide i sur. preporučili da se izrazi funkcionalni trening, funkcionalni trening visokog intenziteta i funkcionalni fitness trening više ne opisuju kao niti jedan program tjelesnog treninga. Programi vježbanja, prema spomenutim autorima, mogu se podijeliti na programe snage, izdržljivosti i fleksibilnosti. Međutim, autori ne predlažu nikakav poseban izraz za opisivanje sveobuhvatne vrste treninga koja uključuje trening snage, izdržljivosti i metaboličke kondicije. Međutim, spominjanje specifičnih vrsta vježbi koje se izvode, kao što su predložili Ide i sur. kao što su snaga, izdržljivost ili druge nije prihvaćeno. Nadalje, suprotno onome što Ide i sur. tvrde, funkcionalni fitness trening nije *HIFT*, a razlika koja je utvrđena između funkcionalnog fitness treninga i *HIFT*-a je dosljedna. Ide i sur. tvrdili su i da se funkcionalni fitness trening “može lako opisati kao trening snage”, no razvoj snage samo je specifičan dio treninga.(88–90)

3.8.2. Pliometrijski trening

Pliometrijski trening metoda je treninga koja uključuje kombinaciju ekscentrične i koncentrične mišićne kontrakcije s ciljem poboljšanja sprinta i skokova što pogoduje efikasnosti trčanja, stabilnosti zglobova donjih ekstremiteta te smanjenju rizika od ozljeda.

(33)Konceptualno, pliometrijski trening obilježava djelovanje ciklusa skraćenja i istezanja koji se razvija tijekom prijelaza iz brze ekscentrične kontrakcije mišića (usporavanje ili negativna faza) u brzu koncentričnu kontrakciju mišića (ubrzanje ili pozitivna faza)(91–93). Uloga ciklusa skraćenja i istezanja je u iskorištavanju elastičnih svojstava vezivnog tkiva i mišićnih vlakana zbog mogućnosti akumuliranja elastične energije kroz fazu usporavanja / negacije i oslobađanje iste kasnije tijekom faze ubrzanja / pozitivne faze, kako bi se poboljšala snaga i jakost mišića(93,94) ([v. pogl. 2.6.3.](#)) Na temelju navedenog, sustav mišićnih kontrakcija skraćenja i istezanja tipičan je dio mišićne aktivnosti u brojnim specifičnim timskim sportskim aktivnostima koje uključuju ubrzanje, promjenu smjerova te okomite i horizontalne skokove.

3.8.3. Kompleksni trening

Kompleksni trening (*complex training - CT*) kombinirana je metoda treninga koja izmjenjuje izvođenje treninga otpora s velikim opterećenjem (*high-load resistance training - RT*) i biomehanički sličnog pliometrijskog treninga. Vježbe se izvode naizmjenice, seriju za serijom, u istom treningu, npr. sklek i sklek s poskokom ili čučanj i čučanj s poskokom. (33)

Z. Qiao i Z. Guo objavili su u akademskom časopisu *Frontiers in Psychology - Movement Science and Sport Psychology*, 2022. studiju s ciljem utvrđivanja učinaka kompleksnog treninga (*CT*) na opću snagu i snagu donjih udova elitnih sportašica modernog petoboja (mačevanje, plivanje, konjički sport i kombinacija streljaštva i kros trčanja). Deset ženskih sudionica nacionalnog tima u modernom petoboju završilo je 8 tjedna *RT* nakon čega je slijedilo 8 tjedana *CT*-a s 2 tjedna pauze. Kompleksni trening (*CT*) uključivao je trening otpora s velikim opterećenjem (*RT*) u kombinaciji s pliometrijskim treningom (npr. skok s padom – *drop jump* i kontinuirani skok - *continuous jump*). Sve faze treninga bile su osmišljene prema teorijama linearnog razdoblja treninga snage, zahtijevajući od sudionika da treniraju dva puta prva 4 tjedna i tri puta druga 4 tjedna. Prije i nakon svakog *RT* i *CT* treninga bile su procijenjene sljedeće vrijednosti: *repetition maximum (1 RM)* čučnja, izometrijsko povlačenje sredine bedra, skok u suprotnom pokretu, skok u čučnju, postotak augmentacije prije istezanja i indeks snage reakcije. Prije svakog testiranja, sudionice su imale standardizirano zagrijavanje u trajanju od 15 minuta, uključujući 5 minuta dinamičkog istezanja, 8 minuta vježbi integracije pokreta i 2 minute neuralne aktivacije specifičnim vježbama. Rezultati nakon ponavljanih mjerenja otkrili su da je *1 RM* čučnja značajno poboljšana te ukazali na poboljšanje opće snage i snage donjih udova kod elitnih sportašica modernog petoboja. (95–98)

3.8.4. Kružni trening

Često je u sportu potrebno uključiti sve glavne mišićne skupine s postavljenim ciljem razvoja snažne izdržljivosti prije početka natjecateljskog dijela sezone. Kružni trening naziv je za seriju vježbi koje se izvode određenim redoslijedom s ili bez opterećenja. Vježbe bi trebale utjecati na one mišićne skupine koje su pod većim opterećenjem u određenom sportu, primjerice vježbanje na klupici za brzi rad nogu specifičnije je za nogomet, nego ležeci potisak nogama. Kružne treninge za snažnu izdržljivost trebalo bi raditi najmanje 4 tjedna, a nakon faze razvoja maksimalne snage optimalno je izvođenje kružnih treninga 6 tjedana. Razvoj snažne izdržljivosti koji se najčešće postiže kružnim treningom temelji se na povećanju broja ponavljanja sa zadanim opterećenjem sve do definirane razine. Nakon toga se povećava veličina opterećenja (intenzitet). Kineziolog i kondicijski trener u NorthEast United FC I. Vrgoč istaknuo je sljedeće: vježbe u kružnom treningu za razvoj snažne izdržljivosti treba raditi brzo i u određenom ritmu; cilj je izvoditi vježbe sličnim intenzitetom kao u igri; u kružnom treningu koristi se mnogo manje opterećenje, nego prilikom treninga razvoja maksimalne snage, a često i samo s tjelesnom težinom; trening snage karakterizira fizički i mentalni napor zbog toga što vježbe na svakoj stanici traju i do 90 sekundi. Također, pojasnio je kako je u kružnom treningu cilj postići brzo akumuliranje mliječne kiseline u svakoj vježbi tako da tijelo može izgraditi toleranciju na visoku količinu mliječne kiseline i razgraditi je što je brže moguće. (42,99)

3.8.5. Intervalni trening visokog intenziteta

Intervalni trening visokog intenziteta (VIIT; engl. *high-intensity interval training HIIT*) metoda je treninga u kojoj se izmjenjuju periodi visoko intenzivnog rada s periodima niskog intenziteta ili odmora(100). Shodno tomu, važno je istaknuti kako se HIIT trening smatra jednim od najučinkovitijih metoda za poboljšanje kardiorespiratornog i metaboličkog sustava jer obuhvaća kratke i duge intervale koji su isprekidani fazom odmora. Drugim riječima, VIIT trening se definira kao intervalno-varijabilna metoda uz pomoć koje se razvija snaga i izdržljivost.(101) S metaboličkog aspekta, u VIIT-u kratkotrajni, visokointenzivni, anaerobni podražaji izmjenjuju se s kratkotrajnim, niskointenzivnim aerobnim podražajima(102). Kao osnovno obilježje VIIT treninga istaknut je razvoj kardiorespiratornog sustava pri čemu se povećava aerobna sposobnost i poboljšava funkcija respiratornog sustava.(103) Eather, Riley i sur. objavili su u *Journal of Science and Medicine in Sport, 2019.* istraživanje sa svrhom procjene preliminarnu učinkovitosti i izvedivosti 8-tjednog programa intervalnog treninga visokog intenziteta „*Uni-HIIT*“ za studente u sveučilišnom okruženju. Sudionici su pohađati do tri *HIIT* sesije tjedno tijekom 8 tjedana koje su uključivale razne kombinacije aerobnih i anaerobnih vježbi u trajanju od 8-12 minuta (koristeći intervale odmor:rad od 30:30 sekundi). Promatrani primarni ishod bila je kardio-respiratorna kondicija, a sekundarni ishodi uključivali su mišićnu kondiciju (skok iz mjesta, sklekovi), sastav tijela, izvršnu funkciju, razinu anksioznosti i subjektivno percipirani stres. Na temelju rezultata, ova studija pokazala je učinkovitost i izvedivost izvođenja navedenog *HIIT* programa u sveučilišnom okruženju.(104) Područje novijih istraživanja jest utjecaj kontinuiranog treninga sa submaksimalnim kapacitetom i intermitentnog vježbanja s visokim intenzitetom (HIIT) na aerobni kapacitet u djece. Eddolls WTB i sur. kreirali su HIIT trenažni proces u djece koji se sastojao od kratkotrajne aktivnosti – trčanja (10 – 20 s) vrlo visokog intenziteta (najčešće > 100% maksimalne aerobne brzine, odnosno >90% maksimalne frekvencije srca) s razdobljima aktivnog ili pasivnog odmora (10 – 20 s).

Znanstveno je potvrđeno kako je primjena takva programa HIIT treninga povezana s pozitivnim učinkom na zdravlje djece, posebice na biokemijske pokazatelje rizika od srčanožilnih bolesti (kolesterol, trigliceridi, glukoza). (33,105)

3.9. Uspješnost u sportu

Uspjeh u sportu određen je velikim brojem faktora koji se odnose na sposobnosti, znanja i osobine čija razina razvijenosti direktno utječe na konačne sportske rezultate. Prema autoru D. Milanoviću hijerarhijska struktura čimbenika uspješnosti u sportu podijeljena je na četiri razine. U osnovici se nalaze bazične antropološke karakteristike. Drugu razinu čine specifične sposobnosti, osobine i znanja sportaša. Na trećoj razini su pokazatelji situacijske efikasnosti, dok se na vrhu kao konačan pokazatelj trenažnog procesa nalazi natjecateljski rezultat.(42) Jednadžba specifikacije uspješnosti u sportu predstavlja redoslijed faktora na čijem početku stoje faktori ili dimenzije koji u velikoj mjeri utječu na sportsku uspješnost, a na kraju niza oni manje važni. Riječ je o hipotetskoj jednadžbi, budući da je izvedena subjektivnom procjenom važnosti pojedinih latentnih dimenzija. Višedimenzionalnost o kojoj ovisi uspjeh u sportu, primjerice nogometu, hipotetski je moguće zapisati u obliku linearne jednadžbe (Elsner, 1990): $U = Ak_1 + Mk_2 + Fk_3 + Mik_4 + Ik_5 + Kk_6 + Sk_7 + Zsk_8 + Zfk_9 + PTk_{10} + \dots Ekn$ koja se tumači: U- uspjeh u nogometnoj igri; K_1, k_2, \dots, k_n - koeficijent utjecaja pripadajućih faktora; A- antropometrijske karakteristike nogometaša; M- motoričke sposobnosti nogometaša; F- funkcionalne sposobnosti nogometaša; M_i - motorička znanja nogometaša ;I- intelektualne (kognitivne) sposobnosti nogometaša; K- konativne osobine nogometaša; S- socijalne karakteristike nogometaša; Zs- zdravstveni status nogometaša; Zf- utjecaj vanjskih faktora (u natjecanju); PT- uvjeti provođenja trenažnog procesa; E- pogreška procjene.(42)

3.10. Tjelesna aktivnost i starenje

Fiziološka starost, za razliku od kronološke, određena je individualnom sposobnosti prilagodbe na uvjete aktivnosti, najčešće izražene izdržljivošću, jakošću, fleksibilnošću, koordinacijom i radnim kapacitetom. U prosjeku vrhunac fiziološke sposobnosti doseže se oko 30.-te godine. Tjelesno neaktivnim osobama, prema istraživanjima, primjećen je gubitak funkcionalne sposobnosti sa stopom od oko 0,75 % do 1 % godišnje. Različiti organski sustavi funkcionalnu sposobnost gube različitom stopom. Fiziološka starost očituje se najprije u smanjenju stope za tjelesnu aktivnost. Radni kapacitet označuje smanjenu sposobnost rada uz korištenje velike skupine mišića tijekom duljeg vremena te pokazuje pad za 25 – 30 % tijekom starenja. Minutni volumen srca pada od 30.-te do 70.-te godine života za oko 30 %. Također se smanjuje i masa i kontraktilnost srčanog mišića uz smanjenje maksimalnog udarnog volumena za 15 – 20 % u odnosu na mlađe osobe. Promjene u kardiovaskularnom sustavu čini i smanjenje maksimalne frekvencije srca i minutnog volumena srca, dok se periferna vaskularna rezistencija povećava. Nadalje, smanjenje mase mišića za 20 – 25 % i brzine provođenja podražaja za 10 – 15 % tijekom starenja utječu na jakost mišića i koordinaciju. Pokazatelj kardiorespiratornog kapaciteta (najvažnije komponente tjelesne sposobnosti - fitnesa) maksimalni primitak kisika progresivno se smanjuje oko 1 %, odnosno između 0,4 i 0,5 ml/kg/min za svaku godinu porasta životne dobi. Tjelesna aktivnost u starijoj dobi čuva mišićnu masu, smanjuje povećanje tjelesne masti, odgađa i smanjuje stopu gubitka skeletne mase, sveukupno gledano, tjelesna aktivnost djeluje u smislu očuvanja nemasne tjelesne mase koja omogućuje tjelesni rad, smanjuje mogućnost ozljede te smanjuje incidenciju padova i prijeloma. Aerobne tjelesne aktivnosti umjerenog intenziteta dopinose raznolikim glavnim fiziološkim i metaboličnim učincima koji uključuju: porast količine eritrocita i difosfoglicerata, povećanje protoka krvi, povećanje sadržaja mioglobina i mitohondija u mišićnim stanicama, povećanje enzimske aktivnosti za anaerobnu glikolizu i ostalo. ([v. pogl. 3. 6. 1.](#))

Postupnik liječničkog pregleda s ciljem utvrđivanja zdravstvene sposobnosti za vježbanje u starijoj dobi naveden je u smjernicama Sportsko-kardiološke sekcije Europske kardiološke udruge. S obzirom na veću učestalost koronarne bolesti u starijoj životnoj dobi i povećanje incidencije kardiovaskularnih komplikacija u svih starijih osoba koje se uključuju u tjelesnu aktivnost umjerenog do višeg ili visokog intenziteta potrebno je provesti ergometrijsko testiranje.(33,106,107)

4. ZAKLJUČAK

Medicinske vježbe kruna su fizikalne medicine u prevenciji, liječenju i rehabilitaciji. Jedino se vježbom postižu dugotrajni rezultati, dok se svim ostalim postupcima u medicini priprema tijelo za pokret. Pokret neosporno izaziva veći broj povoljnih reakcija u organizmu. Osim na mišićno-koštanom sustavu, pozitivni učinci pokreta, odnosno redovite tjelesne aktivnosti očituju se u ostalim organskim sustavima (smanjenje proupalnih citokina, suzbijanje oksidativnog stresa, poboljšanje endotelne funkcije, reguliranje funkcije makrofaga i dr.) dovodeći u konačnici do smanjenja svih uzroka smrti i poboljšanja kvalitete života. Kako bi se odredio optimalan plan i program medicinskih vježbi potreban je sustavan, kohezivan i holistički pristup pacijentu kojim se poštuju različite dimenzije ozljede ili bolesti na biološkoj, individualnoj i socijalnoj razini. Sportska medicina nadilazi osnova načela fizikalne medicine i rehabilitacije jer osim preventivnog i kurativnog dijela, područje djelovanja liječnika sportske medicine usmjereno je na „supraoptimalno zdravlje“, drugim riječima na podizanje sportske forme i poboljšanje sportskih rezultata. Upravo se ovo područje najviše razvija i unaprijeđuje usporedo s razvojem vrhunskog sporta te se smatra da će u budućnosti postati najvažniji dio sportske medicine.

5. ZAHVALA

Prije svega zahvaljujem se mentorici prof.dr. sc. Nadici Laktašić Žerjavić na predlaganju smjernica u pisanju i pomoći u izradi ovog diplomskog rada.

Najveće hvala mojoj pok. majci Suzani bez koje ne bih bila tu gdje jesam, koja mi je govorila da postavim ciljeve visoko, visoko i vjerovala da mogu ostvariti što god poželim svojim srcem. Hvala puno i mom ocu Luki koji je uvijek uz mene i vjeruje da ću ostvariti još puno uspjeha. Veliko hvala mom pok. djedu Antunu, bolničaru u vojnom sanitetu za vrijeme Domovinskog rata koji je u mene usadio ljubav prema medicini i sportu učeći se od malena o zbrinjavanju sportskih ozljeda i drugih zdravstvenih stanja. Hvala mojim prijateljima s faksa: Matei, Višnji, Loreni, Magdaleni, Luciji, Ivani, Dori, Arijani, Adrijani, Antoniju, Filipu, Tei, Tinu, Ivanu Mariji, Mašanu i ostalima koji su učinili ovih 6 godina zabavnim, prekrasnim i nezaboravnim dijelom života. Hvala teti Ivi koja je bila tu uz mene i moje roditelje u najsretnijim i najtežim trenucima života i veliko hvala doktorici Blanki koja mi je svojim primjerom ukazala koliko je ljubavi, predanosti, odgovornosti i poniznosti u poslu liječnika.

Hvala prijatelju Mislavu koji mi pomogao oko završnog uređenja ovog diplomskog rada i hvala za sve lijepe trenutke i one koji tek dolaze.

„Jer Bogu ništa nije nemoguće...“ – Luka 1:37

6. LITERATURA

1. McEvoy J, O'Sullivan K, Bron C. Therapeutic exercises for the shoulder region. Neck and Arm Pain Syndromes: Evidence-informed Screening, Diagnosis and Management. 2011 Jan 1;296–311.
2. Babić-Naglić Đ i sur. Fizikalna i rehabilitacijska medicina. Zagreb: Medicinska naklada; 2013.
3. Savić K. [Kinesitherapy: one of the most important aspects of medical rehabilitation]. Med Pregl [Internet]. 2005 [cited 2023 Mar 21];58(11–12):553–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16673857/>
4. Harrach M Al, Guiraud D, Serviere C, Merletti R, Nait A, Marque AC, et al. Biomedical Engineering Modeling of the sEMG/Force relationship by data analysis of high resolution sensor network Jury members. 2016.
5. Kato S, Inaki A, Murakami H, Kurokawa Y. Sci-Hub | Reliability of the muscle strength measurement and effects of the strengthening by an innovative exercise device for the abdominal trunk muscles. Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation, 1–8 | 10.3233/BMR-181419 [Internet]. Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation . 2019 [cited 2023 Feb 12]. Available from: <https://sci-hub.ru/10.3233/BMR-181419>
6. Robles PG, Mathur S, Janaudis-Fereira T, Dolmage TE, Goldstein RS, Brooks D. Measurement of peripheral muscle strength in individuals with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. J Cardiopulm Rehabil Prev [Internet]. 2011 Jan [cited 2023 Feb 28];31(1):11–24. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20724932/>
7. Randall L. Braddom i sur. Physical Medicine & Rehabilitation. Vol. 3. Philadelphia; 2007.
8. Shirzad M, Tari B, Dalton C, Van Riesen J, Marsala MJ, Heath M. Passive exercise increases cerebral blood flow velocity and supports a postexercise executive function benefit. Psychophysiology [Internet]. 2022 Dec 1 [cited 2023 Mar 23];59(12). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35781673/>
9. Ozawa T, Shinomiya Y, Ochi K, Nagasaki M, Uno T, Sato Y, et al. Development of new passive exercise equipment inducing contraction of functional muscles around knee joint without pain. Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc [Internet]. 2008 [cited 2023 Mar 23];2008:3447–50. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19163450/>
10. Tao Y, Zhu M, Pu J, Zhang P, Wan L, Tang C. Reduction in C-Peptide Levels and Influence on Pharmacokinetics and Pharmacodynamics of Insulin Preparations: How to Conduct a High-Quality Euglycemic Clamp Study. Front Pharmacol [Internet]. 2021 Dec 2 [cited 2023 Mar 23];12. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34925042/>
11. Goldenberg BT, Goldsten P, Lacheta L, Arner JW, Provencher MT, Millett PJ. Rehabilitation Following Posterior Shoulder Stabilization. Int J Sports Phys Ther [Internet]. 2021 [cited 2023 Mar 23];16(3):930–40. Available from: <https://doi.org/10.26603/001c.22501>
12. Riel H, Vicenzino B, Jensen MB, Olesen JL, Holden S, Rathleff MS. The effect of isometric exercise on pain in individuals with plantar fasciopathy: A randomized

- crossover trial. *Scand J Med Sci Sports* [Internet]. 2018 Dec 1 [cited 2023 Mar 25];28(12):2643–50. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30203866/>
13. Walter R. *Frontera BMGNEWLRRJAD i suradnici. DeLisa`s Physical Medicine & Rehabilitation*. 2. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins Health; 2010.
 14. Braddom RL. *Physical Medicine and Rehabilitation*. Philadelphia: WB Saunders Company; 2007.
 15. Chrysant SG. Current evidence on the hemodynamic and blood pressure effects of isometric exercise in normotensive and hypertensive persons. *J Clin Hypertens (Greenwich)* [Internet]. 2010 Sep [cited 2023 Mar 25];12(9):721–6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20883233/>
 16. Farholm A, Sørensen M. Motivation for physical activity and exercise in severe mental illness: A systematic review of intervention studies. *Int J Ment Health Nurs* [Internet]. 2016 Jun 1 [cited 2023 Mar 25];25(3):194–205. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26916699/>
 17. Hurkmans E, Van Der Giesen FJ, Vlieland TPMV, Schoones J, Van Den Ende ECHM. Dynamic exercise programs (aerobic capacity and/or muscle strength training) in patients with rheumatoid arthritis. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2009 [cited 2023 Mar 25];2009(4). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19821388/>
 18. Bassareo PP, Crisafulli A. Gender Differences in Hemodynamic Regulation and Cardiovascular Adaptations to Dynamic Exercise. *Curr Cardiol Rev* [Internet]. 2020 Mar 25 [cited 2023 Mar 25];16(1):65–72. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30907327/>
 19. Kounoupis A, Papadopoulos S, Galanis N, Dipla K, Zafeiridis A. Are Blood Pressure and Cardiovascular Stress Greater in Isometric or in Dynamic Resistance Exercise? *Sports* 2020, Vol 8, Page 41 [Internet]. 2020 Mar 28 [cited 2023 Mar 25];8(4):41. Available from: <https://www.mdpi.com/2075-4663/8/4/41/htm>
 20. Milanović D. *Teorija treninga. Principi sportskog treninga*. Zagreb; 2013.
 21. Van Hooren B, Peake JM. Do We Need a Cool-Down After Exercise? A Narrative Review of the Psychophysiological Effects and the Effects on Performance, Injuries and the Long-Term Adaptive Response. *Sports Med* [Internet]. 2018 Jul 1 [cited 2023 Mar 26];48(7):1575–95. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29663142/>
 22. Vidmar MF, Baroni BM, Michelin AF, Mezzomo M, Lugokenski R, Pimentel GL, et al. Isokinetic eccentric training is more effective than constant load eccentric training for quadriceps rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial. *Braz J Phys Ther* [Internet]. 2020 Sep 1 [cited 2023 Mar 26];24(5):424–32. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31351901/>
 23. Grazio S, Vlask T. Medicinske vježbe za bolesnike s kroničnom križoboljom. *Liječ Vjesnik*. 2014;278–90.
 24. Sambrook P, TT, EA. *The Musculoskeletal System E-Book: Systems of the Body Series*. 2nd ed. Elsevier Health Sciences; 2014.
 25. Borges M, Cini A, Sonda FC, Souza da Rocha E, Felappi CJ, Vaz MA, et al. Triceps surae muscle-tendon unit mechanical property changes during 10 minutes of stretching. *J Bodyw Mov Ther* [Internet]. 2021 Jul 1 [cited 2023 Apr 3];27:591–6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34391292/>
 26. Konrad A, Stafilidis S, Tilp M. Effects of acute static, ballistic, and PNF stretching exercise on the muscle and tendon tissue properties. *Scand J Med Sci Sports*

- [Internet]. 2017 Oct 1 [cited 2023 Apr 4];27(10):1070–80. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27367916/>
27. Medeiros DM, Cini A, Sbruzzi G, Lima CS. Influence of static stretching on hamstring flexibility in healthy young adults: Systematic review and meta-analysis. *Physiother Theory Pract* [Internet]. 2016 Aug 17 [cited 2023 Apr 4];32(6):438–45. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27458757/>
 28. Judge LW, Avedesian JM, Bellar DM, Hoover DL, Craig BW, Langley J, et al. Pre- and Post-Activity Stretching Practices of Collegiate Soccer Coaches in the United State. *Int J Exerc Sci* [Internet]. 2020 [cited 2023 Apr 4];13(6):260. Available from: </pmc/articles/PMC7039475/>
 29. Behm DG, Blazevich AJ, Kay AD, McHugh M. Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. *Appl Physiol Nutr Metab* [Internet]. 2016 Oct 7 [cited 2023 Apr 4];41(1):1–11. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26642915/>
 30. Tsolakis C, Douvis A, Tsigganos G, Zacharogiannis E, Smirniotou A. Acute Effects of Stretching on Flexibility, Power and Sport Specific Performance in Fencers. *J Hum Kinet* [Internet]. 2010 [cited 2023 Apr 4];26:105–14. Available from: https://www.researchgate.net/publication/273723381_Acute_Effects_of_Stretching_on_Flexibility_Power_and_Sport_Specific_Performance_in_Fencers
 31. Opplert J, Babault N. Acute Effects of Dynamic Stretching on Muscle Flexibility and Performance: An Analysis of the Current Literature. *Sports Med* [Internet]. 2018 Feb 1 [cited 2023 Apr 4];48(2):299–325. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29063454/>
 32. Sajedi H, Bayram M, Bilgiç M. Effect of PNF, ballistic and static stretching on the range of motion after sports injury surgery in football athletes.
 33. Laktašić Žerjavić N, Ćurković B. Rehabilitacija sportskih ozljeda. U: Pećina M i sur., ur. SPORTSKA MEDICINA. Zagreb, Medicinska naklada. 2019; str. 369-85.
 34. Costa PB, Medeiros HBO, Fukuda DH. Warm-up, stretching, and cool-down strategies for combat sports. *Strength Cond J* [Internet]. 2011 [cited 2023 Apr 4];33(6):71–9. Available from: https://journals.lww.com/nsca-scj/Fulltext/2011/12000/Warm_up,_Stretching,_and_Cool_down_Strategies_for.10.aspx
 35. Aslan H, Suprak D, Buddhadev H, Juan JS. Acute Effects of Two Hip Flexor Stretching Techniques on Knee Joint Position Sense and Balance. *Med Sci Sports Exerc*. 2018 May;50(5S):389.
 36. Ungureanu A, Rusu L, Rusu MR, Marin MI. Balance Rehabilitation Approach by Bobath and Vojta Methods in Cerebral Palsy: A Pilot Study. *Children* 2022, Vol 9, Page 1481 [Internet]. 2022 Sep 28 [cited 2023 Apr 5];9(10):1481. Available from: <https://www.mdpi.com/2227-9067/9/10/1481/htm>
 37. Good DC, Bettermann K, Reichwein RK. Stroke rehabilitation. *CONTINUUM Lifelong Learning in Neurology* [Internet]. 2011 Jun [cited 2023 Apr 5];17(3):545–67. Available from: https://www.researchgate.net/publication/229326268_Stroke_Rehabilitation
 38. Sung YH, Ha SY. The Vojta approach changes thicknesses of abdominal muscles and gait in children with spastic cerebral palsy: A randomized controlled trial, pilot study. *Technol Health Care* [Internet]. 2020 [cited 2023 Apr 5];28(3):293–301. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31658070/>

39. Bompá T. Periodizacija: teorija i metodologija treninga. Zagreb: Gopal d.o.o.; 2009.
40. Čustonja Z, Škegro D. Razvoj metoda treninga izdržljivosti. Kondicijska priprema sportaša 2009 [Internet]. 2009 [cited 2023 Apr 7];15. Available from: <https://www.bib.irb.hr/386745>
41. Flynn et al. Concepts of Fitness and Wellness. Georgia: Georgia Highlands College;
42. Milanović D. Teorija treninga. Zagreb: Kineziološki fakultet; 2013.
43. Wisløff U, Støylen A, Loennechen JP, Bruvold M, Rognmo Ø, Haram PM, et al. Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study. Circulation [Internet]. 2007 Jun [cited 2023 Apr 8];115(24):3086–94. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17548726/>
44. Tkalčić S. Struktura ravnoteže. [Zagreb]: Fakultet za fizičku kulturu; 1987.
45. Bompá T. Cjelokupni trening za mlade pobjednike. Zagreb: Gopal; 2005.
46. McCloy CH. The measurement of general motor capacity and general motor ability . Res Q. 1945;5.
47. Lasker J. Training Does not Affect Reaction Time Correlations with General Intelligence.
48. Sekulić D, MD. Uvod u osnovne kineziološke transformacije - Osnove transformacijskih postupaka u kineziologiji. Split: Sveučilište u Splitu, Fakultet prirodoslovno-matematičkih znanosti i kineziologije; 2007.
49. Elshafey MA, Abdrabo MS, Elnaggar RK. Effects of a core stability exercise program on balance and coordination in children with cerebellar ataxic cerebral palsy. J Musculoskelet Neuronal Interact [Internet]. 2022 Jun 1 [cited 2023 Apr 8];22(2):172–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35642697/>
50. Neurophysiology of the Joints and Muscles | Musculoskeletal Key [Internet]. [cited 2023 Apr 8]. Available from: <https://musculoskeletalkey.com/neurophysiology-of-the-joints-and-muscles/>
51. Strøm M, Thorborg K, Bandholm T, Tang L, Zebis M, Nielsen K, et al. ANKLE JOINT CONTROL DURING SINGLE-LEGGED BALANCE USING COMMON BALANCE TRAINING DEVICES – IMPLICATIONS FOR REHABILITATION STRATEGIES. Int J Sports Phys Ther [Internet]. 2016 Jun [cited 2023 Apr 9];11(3):388. Available from: </pmc/articles/PMC4886807/>
52. Buscà B, Aguilera-Castells J, Arboix-Alió J, Miró A, Fort-Vanmeerhaeghe A, Peña J. Influence of the Amount of Instability on the Leg Muscle Activity During a Loaded Free Barbell Half-Squat. International Journal of Environmental Research and Public Health 2020, Vol 17, Page 8046 [Internet]. 2020 Oct 31 [cited 2023 Apr 9];17(21):8046. Available from: <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/21/8046/htm>
53. Kwan KYH, Cheng ACS, Koh HY, Chiu AYY, Cheung KMC. Effectiveness of Schroth exercises during bracing in adolescent idiopathic scoliosis: Results from a preliminary study-SOSORT Award 2017 Winner. Scoliosis Spinal Disord [Internet]. 2017 Oct 16 [cited 2023 Apr 10];12(1):1–7. Available from: <https://scoliosisjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13013-017-0139-6>

54. Visuri T, Honkanen R. Total hip replacement: its influence on spontaneous recreation exercise habits. *Arch Phys Med Rehabil* [Internet]. 1980 [cited 2023 Apr 11];61(7):325–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7396685/>
55. Ptomey LT, Szabo AN, Willis EA, Gorczyca AM, Greene JL, Danon JC, et al. Changes in cognitive function after a 12-week exercise intervention in adults with Down syndrome. *Disabil Health J* [Internet]. 2018 Jul 1 [cited 2023 Apr 14];11(3):486–90. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29501470/>
56. Yang J, Cao RY, Gao R, Mi Q, Dai Q, Zhu F. Physical exercise is a potential “medicine” for atherosclerosis. In: *Advances in Experimental Medicine and Biology*. Springer New York LLC; 2017. p. 269–86.
57. Nakashima Y, Fujii H, Sumiyoshi S, Wight TN, Sueishi K. Early Human Atherosclerosis. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* [Internet]. 2007 May 1 [cited 2023 Apr 14];27(5):1159–65. Available from: <https://www.ahajournals.org/doi/abs/10.1161/ATVBAHA.106.134080>
58. Bruning RS, Sturek M. Benefits of exercise training on coronary blood flow in coronary artery disease patients. *Prog Cardiovasc Dis* [Internet]. 2015 Mar 1 [cited 2023 Apr 14];57(5):443–53. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25446554/>
59. Lavie CJ, Thomas RJ, Squires RW, Allison TG, Milani R V. Exercise training and cardiac rehabilitation in primary and secondary prevention of coronary heart disease. *Mayo Clin Proc* [Internet]. 2009 Apr [cited 2023 Apr 14];84(4):373–83. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19339657/>
60. La Favor JD, Anderson EJ, Dawkins JT, Hickner RC, Wingard CJ. Exercise prevents Western diet-associated erectile dysfunction and coronary artery endothelial dysfunction: response to acute apocynin and sepiapterin treatment. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* [Internet]. 2013 Aug 8 [cited 2023 Apr 14];305(4):R423. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24839473/>
61. Anand SS, Islam S, Rosengren A, Franzosi MG, Steyn K, Yusufali AH, et al. Risk factors for myocardial infarction in women and men: insights from the INTERHEART study. *Eur Heart J* [Internet]. 2008 Apr [cited 2023 Apr 14];29(7):932–40. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18334475/>
62. McCrory P. What is sports and exercise medicine? *Br J Sports Med* [Internet]. 2006 Dec [cited 2023 Apr 16];40(12):955. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1577455/>
63. Feros SA, Young WB. The effects of an isometric potentiation protocol in the warm-up of elite rowers [Internet]. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/261135855>
64. Vučetić V, Sukreški M, Sporiš G. Izbor adekvatnog protokola testiranja za procjenu aerobnog i anaerobnog energetskeg kapaciteta. Sportsko dijagnostički centar, Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb; 2013.
65. Fitchett MA. Predictability of VO₂ max from submaximal cycle ergometer and bench stepping tests. *Br J Sports Med* [Internet]. 1985 [cited 2023 Apr 18];19(2):85–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4027499/>
66. Lundby C, Montero D, Joyner M. Biology of VO₂max: looking under the physiology lamp. Vol. 220, *Acta Physiologica*. Blackwell Publishing Ltd; 2017. p. 218–28.
67. Simonson TS. Altitude Adaptation: A Glimpse Through Various Lenses. *High Alt Med Biol* [Internet]. 2015 Jun 1 [cited 2023 Apr 18];16(2):125–37. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26070057/>

68. Sjodin B, Svedenhag J. Applied physiology of marathon running. *Sports Med* [Internet]. 1985 [cited 2023 Apr 18];2(2):83–99. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3890068/>
69. Väisänen D, Ekblom Ö, Ekblom-Bak E, Andersson E, Nilsson J, Ekblom M. Criterion validity of the Ekblom-Bak and the Åstrand submaximal test in an elderly population. *Eur J Appl Physiol* [Internet]. 2020 Feb 1 [cited 2023 Apr 18];120(2):307–16. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31820103/>
70. Vučetić V. Dijagnostički postupci za procjenu energetske kapaciteta sportaša. Zbornik radova 7. godišnje međunarodne konferencije Kondicijska priprema sportaša. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Udruga kondicijskih trenera Hrvatske; 2009.
71. Vučetić V, Šentija D. Dijagnostika funkcionalnih sposobnosti – zašto, kada i kako testirati sportaše? *Kondicijski trening : stručni časopis za teoriju i metodiku kondicijske pripreme* [Internet]. 2005 [cited 2023 Apr 19];2(2):8–14. Available from: <https://www.bib.irb.hr/213379>
72. Vučetić V, Šentija D. Doziranje i distribucija opterećenja u trenažnom procesu - zone trenažnog intenziteta. *Kondicijski trening : stručni časopis za teoriju i metodiku kondicijske pripreme* [Internet]. 2005 [cited 2023 Apr 19];3(2):36–42. Available from: <https://www.bib.irb.hr/239671>
73. Viru A. *Adaptation in sports training*. CRC Press, Boca Raton; 1995.
74. Zupan MF, Arata AW, Dawson LH, Wile AL, Payn TL, Hannon ME. Wingate Anaerobic Test peak power and anaerobic capacity classifications for men and women intercollegiate athletes. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2009 [cited 2023 Apr 19];23(9):2598–604. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19910814/>
75. Housh TJ; HDJ; DHA. *Applied Exercise and Sport Physiology*. 4. New York: Routledge; 2016.
76. Maglischo E. *Swimming fastest*. Human Kinetics; 2003.
77. Barstow TJ, Casaburi R, Wasserman K. O₂ uptake kinetics and the O₂ deficit as related to exercise intensity and blood lactate. *J Appl Physiol* (1985) [Internet]. 1993 [cited 2023 Apr 21];75(2):755–62. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8226479/>
78. Mader A, Heck H. A theory of the metabolic origin of “anaerobic threshold.” *Int J Sports Med* [Internet]. 1986 [cited 2023 Apr 21];7(SUPPL. 1):45–65. Available from: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-2008-1025802>
79. Goodwin ML, Harris JE, Hernández A, Gladden LB. Blood Lactate Measurements and Analysis during Exercise: A Guide for Clinicians. *Journal of diabetes science and technology (Online)* [Internet]. 2007 [cited 2023 Apr 22];1(4):558. Available from: </pmc/articles/PMC2769631/>
80. Faude O, Kindermann W, Meyer T. Lactate threshold concepts: How valid are they? *Sports Medicine* [Internet]. 2009 Nov 25 [cited 2023 Apr 22];39(6):469–90. Available from: <https://link.springer.com/article/10.2165/00007256-200939060-00003>
81. Mann T, Lamberts RP, Lambert MI. Methods of prescribing relative exercise intensity: Physiological and practical considerations. *Sports Medicine* [Internet]. 2013 Jul 26 [cited 2023 Apr 22];43(7):613–25. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40279-013-0045-x>

82. Fernandes RJ, Sousa M, MacHado L, Vilas-Boas JP. Step length and individual anaerobic threshold assessment in swimming. *Int J Sports Med* [Internet]. 2011 [cited 2023 Apr 22];32(12):940–6. Available from: https://www.researchgate.net/publication/51766686_Step_Length_and_Individual_Anaerobic_Threshold_Assessment_in_Swimming
83. Armstrong N. *Oxford Textbook of Children's Sport and Exercise Medicine*. 3. Armstrong N, van Mechelen W, editors. Oxford: Oxford University Press; 2017.
84. Lloyd RS, Cronin JB, Faigenbaum AD, Haff GG, Howard R, Kraemer WJ, et al. National Strength and Conditioning Association Position Statement on Long-Term Athletic Development. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2016 Jun 1 [cited 2023 Apr 22];30(6):1491–509. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26933920/>
85. Drenowatz C, Greier K. Resistance Training in Youth - Benefits and Characteristics. *Journal of Biomedicine* [Internet]. 2018 Mar 5 [cited 2023 Apr 22];3:32–9. Available from: <http://www.jbiomed.com>
86. Lloyd RS, Faigenbaum AD, Stone MH, Oliver JL, Jeffreys I, Moody JA, et al. Position statement on youth resistance training: the 2014 International Consensus. *Br J Sports Med* [Internet]. 2014 [cited 2023 Apr 22];48(7):498–505. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24055781/>
87. McDougale JM, Mangine GT, Townsend JR, Jajtner AR, Feito Y. Acute physiological outcomes of high-intensity functional training: a scoping review. *PeerJ* [Internet]. 2023 Jan 3 [cited 2023 Apr 20];11. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36620744/>
88. Dominski FH, Tibana RA, Andrade A. “Functional Fitness Training”, CrossFit, HIMT, or HIFT: What Is the Preferable Terminology? *Front Sports Act Living*. 2022 May 26;4:207.
89. Ide BN, Silvatti AP, Marocolo M, Santos CPC, Silva BVC, Oranchuk DJ, et al. Is There Any Non-functional Training? A Conceptual Review. *Front Sports Act Living* [Internet]. 2022 Jan 13 [cited 2023 Apr 20];3. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35098121/>
90. Ide BN, Marocolo M, Santos CPC, Silva BVC, Silvatti AP, Simim MAM, et al. Commentary: “You’re Only as Strong as Your Weakest Link”: A Current Opinion About the Concepts and Characteristics of Functional Training. *Front Physiol* [Internet]. 2021 Nov 4 [cited 2023 Apr 20];12. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34803732/>
91. Bedoya AA, Miltenberger MR, Lopez RM. Plyometric Training Effects on Athletic Performance in Youth Soccer Athletes: A Systematic Review. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2015 Aug 4 [cited 2023 Apr 20];29(8):2351–60. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25756326/>
92. Makaruk H, Czaplicki A, Sacewicz T, Sadowski J. THE EFFECTS OF SINGLE VERSUS REPEATED PLYOMETRICS ON LANDING BIOMECHANICS AND JUMPING PERFORMANCE IN MEN. *Biol Sport* [Internet]. 2014 [cited 2023 Apr 20];31(1):9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24944579/>
93. Michailidis Y, Fatouros IG, Primpa E, Michailidis C, Avloniti A, Chatzinikolaou A, et al. Plyometrics’ trainability in preadolescent soccer athletes. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2013 Jan [cited 2023 Apr 20];27(1):38–49. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22450257/>

94. Padulo J, Chamari K, Concu A, Dal Pupo J, Laffaye G, Zagatto AM, et al. Concentric and eccentric: muscle contraction or exercise? New perspective. *Muscles Ligaments Tendons J* [Internet]. 2014 [cited 2023 Apr 20];4(2):158. Available from: [/pmc/articles/PMC4187588/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/248187588/)
95. Le Meur Y, Hausswirth C, Abbiss C, Baup Y, Dorel S. Performance factors in the new combined event of modern pentathlon. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.497816> [Internet]. 2010 Aug [cited 2023 Apr 21];28(10):1111–6. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640414.2010.497816>
96. Keiner M, Sander A, Wirth K, Caruso O, Immesberger P, Zawieja M. Strength performance in youth: Trainability of adolescents and children in the back and front squats. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2013 Feb [cited 2023 Apr 21];27(2):357–62. Available from: https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2013/02000/Strength_Performance_in_Youth__Trainability_of.11.aspx
97. Ko BG, Cho EH, Chae JS, Lee JH. Relative Contribution among Physical Fitness Factors Contributing to the Performance of Modern Pentathlon. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2021 May 1 [cited 2023 Apr 21];18(9). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34063715/>
98. Qiao Z, Guo Z, Li B, Liu M, Miao G, Zhou L, et al. The effects of 8-week complex training on lower-limb strength and power of Chinese elite female modern pentathlon athletes. *Front Psychol*. 2022 Oct 25;13:6867.
99. Vrgoč I. *Kondicijski trening u nogometu*. Livno: Grafomark; 2007.
100. Bok D. Visokointenzivni intervalni trening: čaroban trening za zdraviji život. *Medicus*. 2019 Oct 28;28(2 Tjelesna aktivnost):155–65.
101. Blair SN, Kampert JB, Kohl HW, Barlow CE, Macera CA, Paffenbarger RS, et al. Influences of Cardiorespiratory Fitness and Other Precursors on Cardiovascular Disease and All-Cause Mortality in Men and Women. *JAMA* [Internet]. 1996 Jul 17 [cited 2023 Apr 22];276(3):205–10. Available from: <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/405475>
102. Batacan RB, Duncan MJ, Dalbo VJ, Tucker PS, Fenning AS. Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. *Br J Sports Med* [Internet]. 2017 [cited 2023 Apr 22];51(6):494–503. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27797726/>
103. Norton K, Norton L, Sadgrove D. Position statement on physical activity and exercise intensity terminology. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2010 Sep 1 [cited 2023 Apr 22];13(5):496–502. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20005170/>
104. Eather N, Riley N, Miller A, Smith V, Poole A, Vincze L, et al. Efficacy and feasibility of HIIT training for university students: The Uni-HIIT RCT. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2019 May 1 [cited 2023 Apr 22];22(5):596–601. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30509862/>
105. Eddolls WTB, McNarry MA, Stratton G, Winn CON, Mackintosh KA. High-Intensity Interval Training Interventions in Children and Adolescents: A Systematic Review. *Sports Med* [Internet]. 2017 Nov 1 [cited 2023 Apr 22];47(11):2363–74. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28643209/>
106. Babić Z, PH, MDM. *Sportska kardiologija*. Zagreb: Medicinska naklada; 2018.
107. Mišigoj-Duraković M. *Tjelesno vježbanje i zdravlje*. Zagreb; 2018.

7. ŽIVOTOPIS

Tijekom studija stekla sam iskustvo u medicinskoj struci obavljajući pet godina stručnu ljetnu praksu u Domu zdravlja Petrinja, uključujući iskustvo rada u pandemijskim uvjetima. Godine 2020. priključila sam se medicinskom timu Doma zdravlja Petrinja u testiranju građana na SARS.CoV-2. U prosincu iste godine kada je Petrinju zadesio potres dobrovoljno sam se priključila osoblju hitne službe te pružila pomoć u zbrinjavanju unesrećenika. 2021. stručnu praksu odradila sam na Odjelu pulmologije Opće bolnice „Dr. Ivo Pedišić“ u Sisku. Daljnim usmjeravanjem interesa u kirurške grane medicine, uključila sam se u projekt SFQ PLUS 2022. na Odjelu abdominalne kirurgije Kliničke bolnice Sv. Duh (prospektivno kohortno istraživanje utjecaja povezanosti različitih psiholoških čimbenika na operacijski strah) te usporedno u pisanje znanstvenog rada na nadovezujuću temu. Znatno iskustvo u medicinskoj struci stekla sam u srpnju 2022. radeći kao medic na Europskom sveučilišnom prvenstvu u Lodzu, Poljska. Od 2021. godine radim u sklopu Unisporta kao liječnica na studentskim sportskim natjecanjima iz nogometa, rukometa i košarke. Polazem putem online platforme module za ostvarenje diplome „FIFA Medical Diploma“. Obavljajući posao demonstratorice na Katedri za anatomiju Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu od akademske godine 2018./2019. uključujući 2020./2021. te prošlu 2021./2022. doprinijela sam svojim zalaganjem studentima nižih godina preddiplomskog studija medicine na hrvatskom jeziku u savladavanju predmeta anatomije. Akademske godine 2022./2023. radim kao demonstratorica na Katedri za kirurgiju Medicinskog fakulteta te pomažem u savladavanju praktičnog dijela nastave iz kirurgije na hrvatskim i engleskim studijima. Trenutno sam aktivna članica Studenske sekcije za kirurgiju Zavoda za kirurgiju Medicinskog fakulteta u Zagrebu te dugogodišnja instruktorka kirurškog šivanja u sklopu Studenske sekcije. Na predmetu Anatomija u akademskoj godini 2020/2021 bila sam demonstratorica u online obliku nastave prema smjernicama Sveučilišta.

Sudjelovala na konferenciji „P4 Medicine- Predictive, Preventive, Personalised and Participatory“ projekta PROMISE (Personalized Medicine Inquiry-Based Education) 2021. Prisustvovala sam „Hrvatskom studentskom simpoziju o bioetici“ 2021. Budući da se zalažem za individualiziran pristup svakom pacijentu temeljen na suvremenim standardima zdravstvene zaštite i liječenja, aktivna sam članica Udruge digitalnog zdravstva te sudjelujem na webinarima i hibridnim eventima projekta „Žene u tehnologiji“ Udruge digitalnog zdravstva te članova konferencije „Future is now“. Aktivno sam se uključila u projekt „EXPPAND“ te 2019. položila akademski predmet „Eksperimentalna farmakologija i patologija“, dok sam drugi dio programa u obliku dodatne edukacije „Klinička prehrana i dijetoterapija“ uspješno položila 2022. te stekla certifikat iz istog. 2022. zaprimila sam certifikat sudjelovanjem na simpoziju „Orthopaedics A la Carte“ Hrvatskog ortopedskog društva. Dodatno iskustvo u komunikaciji stekla sam počevši kroz edukacije za studente demonstratore, a daljnji napredak u stečenim komunikacijskim vještinama tijekom rada na demonstraturi pr čemu sam stekla status starije demonstratorice. Dobre prezentacijske vještine stekla sam održavanjem prezentacija prilikom izvođenja vježbi i seminara te angažmanom na radionicama Studenske sekcije za kirurgiju (projekt ZIMS, kongres CROSS). U sklopu projekta „Zdravo sveučilište“ 2023. održala sam radionicu „Samozbrinjavanje sportskih ozljeda“ studentima zdravstvenih studija. Uz fakultet uključena sam u brojne književno-kulturne manifestacije u organizaciji „Sisačke udruge za promicanje alternativne i urbane kulture“ te poetskim tribinama "Stihovnica Siska" Ogranka Matice hrvatske u Sisku. Objavljivala sam poeziju u „Zborniku Goranovog proljeća“, književnom časopisu Alternator, časopisu Medicinskog fakulteta „Medicinar“, „Sisačkom tjedniku“, na pjesničkim portalima „Stop nasilju“, „Bilten“. Sudjelovala sam i na književnom natječaju „Korzo slova“ gdje sam se svojom knjigom poezije plasirala u uži krug finalista. Uz studij bavim se kajacom na mirnim vodama u kojem sam godinama osvajala odličja na državnoj i nacionalnoj razini te rekreativno trčanjem, planinarenjem, vožnjom bicikla, plivanjem i fitnessom. Dobre rezultate ostvarivala sam i u karateu kao dugogodišnja članica Karate kluba „Sv. Lovro“ Petrinja. Za mene je medicina snaga riječi i umjetnost djela.